TIDSSKRIFT FOR PLANTEAVL

Organ for Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

UDGIVET AF STATENS PLANTEAVLSUDVALG

REDIGERET AF *FRITS OLSEN*

57. BINDS 4. HÆFTE

KØBENHAVN

1954

Med dette hæfte er 57. bind afsluttet

MONWEALTH MYCOLOGIC
8 NOV 1954

Tidsskrift for Planteavl indeholder beretninger og meddelelser om resultaterne af statens forsøg og undersøgelser vedrørende jorddyrkning og plantekultur, årsoversigter og større afhandlinger angående forhold af interesse for plantedyrkningen samt referater af herhen hørende fremmed litteratur.

Tidsskriftet udkommer årlig i 4 à 5 tvangfrie hæfter à 10—12 ark pr. hæfte og samles, uden hensyn til årgangen, i bind på ca. 50 ark, ca. 800 sider. Bemærkning om bindenes afslutning vil findes på hæfteomslaget.

Abonnement på tidsskriftet kan tegnes på Statens Planteavlskontor for 12 kr. pr. bind. Prisen på enkelte hæfter er kr. 3,00.

Særtryk af beretningerne fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur fås til en billig pris og faglig ordnet fortegnelse over de udkomne beretninger, meddelelser og forsøgstavler fås gratis i begge tilfælde ved henvendelse til Statens Planteavlskontor, Rolighedsvej 26, København V. Kronologisk ordnet fortegnelse findes i Statens Planteavlsudvalgs årsberetning.

Redaktionens adresse er: Statens Planteavlskontor, Rolighedsvej 26, København V., tlf.: C. 12914.

Jorden som fosforkilde for planterne.

Af K. Dorph-Petersen.

Gennem plantefysiologiske forsøg er det fastslået, at fosfor er et af de nødvendige plantenæringsstoffer, og dets fysiologiske rolle er delvis klarlagt, idet man har påvist, at fosfor indgår i adskillige af planternes vigtigste organiske byggestoffer såsom protein, fytater og fosfatider, ligesom fosfat deltager i flere livsnødvendige enzymatiske processer (McElroy & Glass, 1951 og 52)[1]. Det er derfor forståeligt, at mangel på fosfor kan hemme planternes udvikling og dermed begrænse afgrødestørrelsen.

Normalt optager planterne fosfor i form af fosfat fra jordbunden gennem rødderne, og derfor har jordernes indhold af fosfat samt tilførte gødningsfosfaters forhold i jorden stor landøkonomisk interesse. Denne interesse forstærkes af det forhold, at den dyrkede jord fra naturens side har vidt forskelligt fosfatindhold fra sted til sted, og i mange egne af verden er det under primitive landbrugsformer jordens fosfatindhold, der begrænser den naturlige bevoksning og afgrødernes størrelse.

I modsætning til nitrat bliver vandopløseligt gødningsfosfat hurtigt fastlagt i ikke-vandopløselig form, når det indblandes i fugtig jord. Antagelig som følge heraf er en afgrødes relative optagelse af tilført fosfat langt mindre end af nitrat. Denne »binding«, hvis kemiske side har været studeret i over hundrede år (formentlig først påvist af Way i 1850), gør problemerne om fosfatgødskningens rationelle gennemførelse temmelig komplicerede, men også såre interessante, og derfor er der verden over udført et umådeligt antal kemiske undersøgelser, kar- og markforsøg til dette problems løsning.

---

[1] Se litteraturfortegnelsen s. 658.

Nærværende arbejde har til formål at give en oversigt over undersøgelser og forsøg, der belyser fosforets forhold i jorden ud fra et dyrkningsmæssigt synspunkt, men det være sagt straks, at det er umuligt at nå en i alle henseender tilfredsstillende løsning af denne eller lignende opgaver. Tilsigter man at give læserne et godt overblik, må man, ud fra det foreliggende væld af ganske usystematisk gennemførte undersøgelser, søge at tegne et billede, hvis hovedlinjer står klare. Men herved udskydes mange detailler, og det viste billede bliver præget af forfatterens opfattelse af, hvad der er væsentligt og uvæsentligt.

Hvis man ikke vil foretage en sådan noget hårdhændet systematisering og forenkling af det foreliggende materiale, må man nøjes med at give en række passende placerede referater af de foreliggende undersøgelser og overlade det til læseren at danne sit eget billede eller forestilling ud fra de af forfatteren udsøgte referater. Begge muligheder — og middelveje derimellem — er egentlig utilfredsstillende, fordi de altid farves af forfatternes synspunkter. Da de mennesker (konsulenter, landbrugslærere m. fl.), til hvem et arbejde som nærværende hovedsagelig henvender sig, i reglen ikke kan overkomme at sætte sig ind i omfattende litteratur, kan man lige så godt vælge den for læserne nemmeste udvej — d.v.s. søge at give enkle og klare billeder af problemerne.

Men selv om man arbejder ud fra denne indstilling, og selv om læseren er klar herover, kan man ikke finde en fremstillingsform, der kan tilfredsstille alle. Man vil altid tage for mange detailler med for nogle læsere og for få for andre. Dette er her søgt imødegået dels ved i afsnit V at samle et kortfattet sammendrag af de fire første afsnit og dels ved at indføje henvisninger til litteratur om emnet — hovedsagelig de skandinaviske, tysk- og engelsksprogede landes nyere litteratur.

Under trykningen af nærværende afhandling er der fra amerikansk side udkommet en af 29 forfattere udarbejdet monografi om samme emne, som behandles her. Den er opført i literaturfortegnelsen under redaktørerne Pierre & Norman, men de mange ønskelige henvisninger dertil har ikke kunnet indføjes i teksten.

Indholdsfortegnelse.

Side

I. Kemiske undersøgelser vedrørende fosfor i jord 555
  1. Jordens fosforforbindelser 556
    A. Organiske fosforforbindelser 557
    B. Uorganiske fosforforbindelser 560
  2. Fosfat i jord-vand-systemet 565
    A. Bindingskurver 569
    B. Opløsningskurver 574
    C. Opløsnings-bindingskurveflader 578
    D. Opløsnings-bindingsforholdenes påvirkning af forskellige ioner 582
    E. Tilførsel af tungtopløselige fosfater til jord-vædske-systemet 586
  3. Fosfatets bevægelser i naturlig jordbund 586
II. Undersøgelser af jordens fosfatindhold og tilført gødningsfosfat ved hjælp af dyrkningsforsøg 589
  1. Tilgængeligt fosfat i jorden 593
  2. Optagelsen af vandopløseligt gødningsfosfat 596
  3. Jordens fosfattilstand 609
  4. Forhold, der påvirker planternes fosfatoptagelse og dermed jordens fosfattilstand 610
  5. Virkning af andre fosfatgødninger 617
III. Gødskning med fosfat i danske landbrug 619
  1. Danske landbrugsjorders fosfattilstand 619
  2. Fosfatets kredsløb i danske landbrug 628
  3. Økonomien ved gødskning med fosfat 632
IV. Bestemmelse af landbrugsjorders fosfattilstand 634
  1. Almindelige iagttagelser og mangelsymptomer 635
  2. Markforsøg 636
  3. Iagttagelsesstriber 638
  4. Jordbundsanalyser 638
  5. Planteanalyser 646
V. Oversigt 647
  Summary 653
  Litteraturfortegnelse 658

I. Kemiske undersøgelser vedrørende fosfor i jord.

Undersøgelser, som tilstræber at belyse afgrødernes udnyttelse af jordfosfatet og gødningsfosfater samt de faktorer, der indvirker herpå, er udført ad to forskellige veje, dels ved dyrkningsforsøg med planter (vand- og sandkulturer og kar- og markforsøg) og dels som kemiske undersøgelser af jord, gødningsfosfat og blandinger deraf.

Sådanne kemiske undersøgelser har direkte eller indirekte til formål at belyse planternes reaktioner overfor jord- og gødningsfosfater, men det må fremhæves, at et formål eller ønske ofte er langtfra en virkeliggørelse. Selv om mange af de forhold, der er vist gennem kemiske undersøgelser af jord, sandsynligvis er identiske eller nært forbundet med analoge fænomener vist i dyrkningsforsøg, må man ikke bygge på en sådan identitet, før den er bevist eller gjort overmåde sandsynlig ved flere forskelligartede sammenligninger mellem dyrkningsforsøg og kemiske undersøgelser. På indeværende tidspunkt kan man vistnok sige, at en sådan bevisførelse for identitet mellem resultaterne af dyrkningsforsøg og kemiske undersøgelser ikke foreligger for noget forhold vedrørende fosfat. Derfor må man indtil videre betragte kemiske undersøgelser af fosfat i jord og dyrkningsforsøg som to undersøgelsesveje af samme fænomen, men med ikke direkte sammenlignelige resultater. Dette synspunkt må da også gennemføres i sproglig henseende, idet der bør anvendes forskellig terminologi for de to undersøgelsesmåders data. Sidstnævnte fordring er ofte blevet tilsidesat med misforståelser og forvirring som resultat.

1. Jordens fosforforbindelser.

De fleste bjergarter indeholder lidt fosfor, mest i eruptiverne, der gennemsnitlig har 1260 p. p. m. P. (p. p. m. = dele pr. million = %. : 10.000 = mg pr. kg), og mindre i sedimentære formationer, 170, 340 og 740 p. p. m. P i henholdsvis kalksten, sandsten og skifer (Clarke 1916). Ved bjergarternes forvitring udvaskes en del af fosforindholdet, og udyrkede jorder har derfor lavere fosforindhold end deres oprindelsesmateriale. Dyrkning og gødskning forøger pløjelagets fosforindhold og alene indenfor danske jorder, dyrkede og udyrkede, finder man en variation i fosforindholdet (opløselig i stærk syre) fra 10 til omkring 1000 p. p. m.P med 400 p. p. m. P som middelværdi i alm. dyrkningsjord (Christensen 1908, 1912, 1922, 1927, Kristensen 1919, Damsgaard-Sørensen 1946, Dorph-Petersen 1949).

Dette fosfor findes i en række forskellige forbindelser, men endnu savner man analysemetoder til at foretage en nøjagtig opdeling af en given jords fosforindhold efter dets kemiske forbindelser. Den følgende inddeling af jordens fosforforbindelser hviler derfor ikke på et analytisk grundlag, idet kun et fåtal af de omtalte forbindelser er isoleret fra jord. For de flestes vedkommende er deres forekomst i jord sandsynliggjort på anden måde. Dog kan man ved anvendelse af forskellige ekstraktionsmidler dele en jords fosforindhold i en række fraktioner (se bl. a. Fisher & Thomas 1935, Dean 1938, Bray & Dickman 1942, Williams 1950), men en sådan deling viser ikke forholdet mellem forskellige kemiske forbindelser, kun mellem grupper af forbindelser med ens opløselighed.

Det må anses som sandsynligt, at langt den overvejende part af jordens fosforindhold er til stede som ortofosfater — salte eller ioner af ortofosforsyre H_3PO_4, — medens forbindelser af pyro- og metafosforsyre, $H_4P_2O_7$ og HPO_3 samt af fosforbrinte H_3P, fosforundersyrling, H_3PO_2 og fosforsyrling H_3PO_3, normalt kun forekommer i ubetydelige mængder, fordi de i jorden omdannes til ortofosfater. Der anvendes her betegnelsen *fosfat* i de tilfælde, hvor man ved undersøgelser og analyser alene har arbejdet med eller alene bestemt ortofosfater, medens andre forbindelser betegnes som *fosfor,* selv om man har grund til at formode, at det hovedsagelig drejer sig om ortofosfater.

Der opstilles følgende skematiske inddeling af jordens fosforforbindelser:

A. Organiske fosforforbindelser.
B. Uorganiske fosforforbindelser.
  1. Fosfor i eller på partikler.
    a. Silikatbundet eller silikatomgivet fosfor.
    b. Fosfor absorberet i kolloider og andre partikler.
    c. Fosfat adsorberet på kolloider.
  2. Fosfat i tungtopløselige salte.
  3. Fosfat opløst i jordvædsken.

A. Organiske fosforforbindelser. Det har længe være kendt, at jordens organiske stoffer — betegnet under et som humus eller muld — indeholder fosfor, men disse forbindelsers natur har været meget omdiskuteret, fordi undersøgelserne deraf medførte store analytiske vanskeligheder. Problemerne vedrørende de organiske fosforforbindelser i jord er ikke endelig løst endnu, dog synes der at kunne optrækkes nogle hovedlinjer. (Nørgaard Pedersen, 1951, har udarbejdet en omfattende oversigt over organiske fosforforbindelser i jord og korte oversigter er givet af Pierre 1948, og Bremner 1951).

Alene bestemmelsen af mængden af fosfor i organiske forbindelser er vanskelig, og til trods for, at der er udarbejdet to analysemetoder med en række modifikationer (Potter & Benton 1916, Schollenberger 1918 og 1920, Auten 1922 og 1923, Odynsky 1936, Dickman & de Turk 1938, Pearson & Simonson 1940, Salonen 1941, Bray & Kurtz 1945, Damsgaard-Sørensen 1946, Kaila 1948), er ingen af disse helt tilfredsstillende, hvorfor de fundne resultater må tages med noget forbehold. Dog synes det sikkert, at en stor part, ofte omkring halvdelen, af fosforindholdet i dyrkede jorders pløjelag findes i organiske forbindelser. Det relative indhold af organisk fosfor aftager hurtigt med dybden, og i mineraljorder findes der i reglen kun organiske fosforforbindelser ned til omkring en meters dybde (Schollenberger 1920, Odynsky 1936, Dean 1937, Pearson & Simonson 1940, Wiklander & Hallgren 1949, Mattson et al. 1950, Fuller & Mc George 1951, Allaway & Rhoades 1951).

I pløjelaget af 445 danske jorder udgjorde de organiske fosforforbindelser 20—80 pct. af fosforindholdet, i middel omkring halvdelen (Damsgaard-Sørensen 1946). Der var i disse jorder ikke tydelig sammenhæng mellem jordtype og det relative indhold af organiske fosforforbindelser, ud over at humusjorder indeholdt mere organisk fosfor end mineraljorder. Der fandtes kun et ringe sammenhæng mellem jordernes indhold af organisk og uorganisk fosfor, således at jord kan være rig på den ene fraktion uafhængig af, om den er rig eller fattig på den anden. Ej heller fandtes nogen stor korrelation mellem jordernes procentiske indhold af humus (pct. C) og deres indhold af organisk fosfor, hvorfor humus kan have ret varierende fosforindhold. Andre undersøgelser har dog vist mindre variation i forholdet mellem kulstof og fosfor i humus (Kaila 1948).

Da jordens indhold af organiske fosforforbindelser stammer fra højere planter og jordbundens mikroflora og -fauna, måtte det forventes, at man i jorden kunne genfinde nogenlunde samme organiske fosforforbindelser, som er kendt fra planterne. Dette er også lykkedes i flere tilfælde. Således er proteinstoffer og nedbrydningsprodukter deraf — nucleinsyre — ret tidligt påvist kvalitativt i jord (Aso 1905, Schreiner & Shorey 1911, Shorey 1913), medens isolering og kvantitativ måling af disse stoffer hidtil har været utilfredsstillende eller usikker — hvad flere af forskerne selv erkender (Schollenberger 1918, Bottomly 1919, Dyer & Wrenshall 1941, Bower 1949). Ud fra disse undersøgelser kan man dog skønne, at fosfor i proteinstoffer sandsynligvis udgør en væsentlig part, ca. halvdelen, af det organiske fosfor i jord. Det må dog tilføjes, at de fra jord isolerede nucleinsyrer ikke har været helt identiske med tilsvarende fra planter. Dette kan skyldes mangelfuld isolation, men det kan også skyldes, at der ved mikrobiel omsætning i jorden dannes specielle forbindelser, eventuelt komplekse forbindelser af lignin og protein (Kaila 1948). Endvidere må det antages, at der kan dannes tungtomsættelige forbindelser af protein og lermineraler (Bower 1949).

Der er også påvist fytin i jord, men da dette mineraliseres hurtigt i vand- og sandkulturer, og da fytase er påvist i mange mikroorganismer, sluttede man tidligere (bl. a. Auten 1923), at fytin kun fandtes i små mængder i jord. Ikke desto mindre viser nyere undersøgelser, at fosfor i fytin kan udgøre en ret stor part, op mod halvdelen, af de organiske fosforforbindelser i jord (Yoshida 1940, Wrenshall & Dyer 1941, Bower 1945 og 1949, Nørgaard Pedersen 1951 og 1953). Da den årlige tilførsel af fytin til jord er meget lille — antagelig under et kg P pr. ha — vil en accumulering af nævnte fytinmængder — op til 300 kg P pr. ha — kun kunne ske, hvis mineraliseringen er overordentlig langsom eller helt standset. Denne mulighed er også til stede, fordi fytin danner meget tungtopløselige salte med jern, aluminium og calcium, hvoraf de tø førstnævnte er så godt som upåvirkelige af fytase (Wrenshall & Dyer 1941, Kaila 1948, Jackman & Black 1951 og 1952).

Endvidere er der påvist små mængder fosfatid i jord (Aso 1905), medens planternes indhold af alifatiske fosfatestere, hexosefosfater o. l. formentlig bliver omsat hurtigt i jord.

Der sker hvert år en mineralisering af jordens humusstoffer, hvorved bl. a. fosfor overføres i uorganisk form, men i de fleste jorder modsvares dette tab af organisk stof ved tilførsel i planterester m. v. Da den årlige tilførsel af organiske fosforforbindelser er meget lille — 1—5 kg P pr. ha — (hvoraf antagelig kun en del indgår i humus), og da mængden af fosfor i organiske forbindelser normalt er omkring 500 kg P pr. ha, må disse forbindelser være overordentlig stabile. Det må dog tilføjes, at flere kulturforanstaltninger, således kalkning, kan forøge mineraliseringshastigheden og dermed nedsætte jordens indhold af organiske fosforforbindelser (Damsgaard-Sørensen 1946, Salonen 1946, Dorph-Petersen 1953).

Forøget tilførsel af staldgødning eller superfosfat øger jordens indhold af uorganiske fosforforbindelser, men i reglen ikke indholdet af organiske (Damsgaard-Sørensen 1946). Kun under ekstreme forhold — fosfatfattige tørvejorder — kan tilført uorganisk fosfat gennem jordens mikroflora overføres i organiske forbindelser (Kaila 1948).

B. Uorganiske fosforforbindelser. I jordens grovere bestanddele (sten, grus m. v.) findes en del fosfor i overordentlig tungtopløselige forbindelser — apatiter og lignende — eller opløselige forbindelser omgivet af uopløselige silikater. Tilstedeværelsen af sådanne forbindelser ses ud af det forhold, at der kan opløses mere uorganisk fosfat efter at jorden er smeltet med soda (der lukker silikaterne op) end i varm koncentreret syre alene (Salonen 1941). Indtil silikaterne forvitrer, må nævnte fosforforbindelser anses for at være fuldstændig utilgængelige for de opløsnings- og ombytningsprocesser, der sker i jorden og dermed uden interesse for planteavlen.

Fosfat absorberet i kolloider og andre partikler. Det er sandsynligt, at fosfat eller fosfor indgår i en del af jordens fine partikler og kolloider, ligesom nogle fosfater af bl. a. jern, aluminium og calcium er kolloidale (Pugh 1934, Mattson & Karlsson 1938, Mattson et al. 1950 og 1951). Når dette fosfat deltager i opløsnings- og ombytningsprocesser, må det anses for at være absorberet. Da disse processers omfang er afhængig af de anvendte reagensers styrke og behandlingstiden, må der være absorberede fosfater af forskellig art eller placering, og der er antagelig ikke nogen skarp grænse mellem de absorberede fosfater og de foran nævnte permanente fosfater.

Fosfat adsorberet på kolloider. Jordens kolloider er ampholyter, d. v. s., de er kæmpemolekyler med såvel positive som negative ladninger på overfladen og kan fastholde — adsorbere — såvel kationer som anioner i en ionsværm omkring kolloidet. Dog er kationadsorptionen mest fremtrædende ved pH højere end kolloidets isoelektriske punkt og anionadsorptionen ved lavere pH. Da jordkolloiderne har isoelektrisk punkt ved pH 4—6, vil anionadsorptionen, herunder adsorption af fosfat, kun være omfattende i sur jord.

Ad analytisk vej er det umuligt at påvise tilstedeværelsen af adsorberet og absorberet fosfat, men det tidsmæssige forløb af opløsnings-, bindings- og ombytningsprocesser (se senere omtale af disse) tyder på tilstedeværelsen af eller dannelsen af en række vidt forskellige fosfater i jorden. Her kan især henvises til isotopombytningsforsøg, hvor processens tidsmæssige forløb viser, at der er tale om både en hurtig forløbende proces (ombytning af adsorberede ioner) og en langsomt forløbende proces (ombytning af absorberede ioner) (Hendricks & Dean 1948, Wiklander 1950).

Talrige undersøgelser har vist, at mange af de mineraler, som findes i jord, kan binde fosfat, d. v. s. at de i kontakt med en fosfatopløsning fjerner fosfat fra opløsningen. Denne evne til fosfatbinding forklares af nogle forskere som adsorption eller absorption, medens andre taler om fældning i tungtopløselige forbindelser. Af nævnte undersøgelser over stoffernes fosfatbindingsevne skal kort refereres følgende og iøvrigt henvises til oversigter udarbejdet af Wild 1950 og Schoen 1953.

De fleste — men ikke alle — jern- og aluminiumoxyder og

-hydroxyder kan binde fosfat (Ford 1933, Weiser 1933, Metzger 1940 og 1941, Kelly & Midgley 1943, Perkins & King 1944, Sieling 1947).

Lermineraler (der indeholder aluminiumsilikat), herunder kaolin, montmorillonit, illite og glimmer, har i findelt tilstand stor fosfatbindingsevne (Scarseth & Tidmore 1934, Scarseth 1935, Hibbard 1935, Murphy 1939, Stout 1940, Laatsch 1941, Black 1942 og 1943, Coleman 1943 og 1945, Perkins & King 1944 og 1945, Perkins 1945, Sieling 1947, Chatterjee & Datta 1951, Cooke 1951). For nævne stoffer er bindingsevnen dog stærkt afhængig af stoffets findeling og systemets pH.

I overensstemmelse hermed finder man, at fosfatbindingsevnen i forskellige fraktioner af jord, delt efter kornstørrelse, aftager med tiltagende kornstørrelse (Hibbard 1935, Perkins et al. 1942).

Ren kvarts, SiO_2, har ingen eller ringe evne til at binde fosfat (Perkins & King 1944, Perkins 1945).

Med hensyn til humus — tørv — synes forholdet at være, at selve det organiske stof ikke binder fosfat, men da humus i reglen indeholder calcium, aluminium og jern, kan disse kationer frigøres og fælde fosfat (Dougthy 1930 og 1935, Ravikovitch 1934). I god overensstemmelse hermed kan man træffe humusrige, sure sandjorder med ingen eller ringe fosfatbindingsevne (Dorph-Petersen 1950).

Fosfat i tungtopløselige salte. Ved de pH-værdier, som kan forekomme i jord, er der mulighed for dannelsen af tungtopløselige fosfater af jern, aluminium, calcium, magnesium, titan og mangan. Førstnævnte fire fosfaters opløselighed ved forskelligt pH ses af fig. 1 (Gaarder 1930). Det fremgår heraf, at med ækvivalente mængder af kat- og anioner begynder udfældningen af ferrifosfat ved pH ca. 1,2, og ved pH 2,2 er fældningen af fosfat maksimal (opløseligheden minimal). Ved højere pH udfældes ferriionerne som hydroxyd, medens opløseligheden af fosfat tiltager. (Ved disse undersøgelser er pH reguleret med HCl eller NaOH). Aluminiumsfosfat giver et tilsvarende billede, her begynder udfældningen ved pH ca. 2,7 og er størst ved pH 3,7. Calciumfosfat udfældes ved pH over ca.

5,3, og opløseligheden er mindst ved pH ca. 6,6, men mængden af opløst fosfat stiger kun lidt ved højere pH. Magnesiumfosfat udfældes først ved pH over 7,4 og har minimal opløselighed ved pH 10,3. Disse pH-værdier gælder ved ækvivalente mængder af kat- og anioner. Med overskud af kationer bliver opløselighedsminimaet for ferri- og aluminiumsfosfat forskudt mod højere pH og for calciumfosfat mod lavere. Samtidig bliver minimumsområdet »bredere«, og den der opløste mængde fosfat mindre — praktisk taget nul ved stort kationoverskud. Andre undersøgelser af disse fire fosfaters opløselighedsforhold har givet et lignende billede, dog med lidt andre pH-værdier ved opløsningsminimum (Teakle 1928, Doughty 1930, McGeorge & Breazeale 1932, Benne et. al. 1936, Murphy 1939, Rathje 1942, Swenson et al. 1949, Struthers & Sieling 1950).

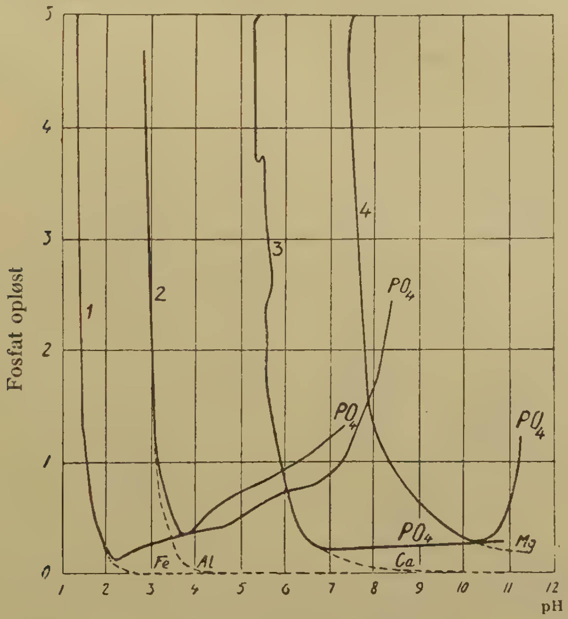


Fig. 1. (Efter Gaarder, 1930).
Opløseligheden af fosfat ved forskellig reaktion, når der er ækvivalent mængde base til stede i henholdsvis Fe (kurve 1) Al (2) Ca (3) og Mg (4).

Manganfosfat har mindst opløselighed ved pH 6,3 (Teakle 1928), hvad der kan have nogen interesse for såvel fosfat- som manganproblemer. Titan danner forbindelser med fosfat, der har minimal opløselighed ved lavt pH — 1—2 — og er opløselige ved pH over 5—6 (Pugh 1934). Dette kan have nogen interesse ved undersøgelser af jorders indhold af fosfat opløselig i svag syre.

Da der i de fleste jorder findes meget jern, aluminium og calcium, er der mulighed for, at jordens fosfater findes udfældede som salte af disse kationer i hele det normale pH område (4—8). Af disse forbindelser vil ferri- og aluminiumfosfater sandsynligvis være fremtrædende i sur jord, medens calciumfosfater vil være dominerende i kalkede, neutrale og alkaliske jorder.

Om de i jorden udfældede fosfaters sammensætning vides meget lidt. Ved udfældning af ferri- og aluminiumfosfat i laboratoriet kan man få bundfald af meget forskellig sammensætning alt efter de reagerende stoffers koncentration og systemets pH (Gaarder 1930). Det må derfor antages, at der i jord kan dannes forskellige ferri- og aluminiumfosfater.

Om mulige calciumfosfater ved man, at hydroxylapatit, $Ca_5(PO_4)_3OH$ er det eneste fosfat, der er bestandigt i et neutralt eller alkalisk vandigt system, indeholdende calcium og fosfat, medens rent tertiært fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ ikke dannes ved fældning (Bassett 1917, Schleede et al. 1932, Bjerrum 1936, Rathje 1942). I jord med pH over ca. 6 må man derfor regne med, at dannede calciumfosfater er apatiter, hovedsagelig hydroxylapatit. I kalkholdige jorder synes der endvidere at være mulighed for dannelsen af fluorapatit (MacIntire & Hatcher 1942, Nagelschmidt & Nixon 1944) og calciumkarbonatholdige apatiter (Buehrer 1932, McGeorge & Breazeale 1932).

Som det fremgår af foranstående, kan magnesiumfosfat udfældes ved pH over 7,4, men ved tilstedeværelsen af silikationer dannes der ikke magnesiumfosfat (derimod det tungere opløselige magnesiumsilikat), hvorfor magnesiumfosfat ikke skulle findes i jord (Mattson & Karlsson 1938).

Det skal her indskydes, at der er en stadig løbende dikussion mellem jordbundskemikerne om omfanget af og betydningen af henholdsvis sorption — adsorption og absorption — af fosfat i og på kolloider og fosfat fældet som tungtopløselige salte.

Noget nuanceret fremhæver en del forskere sorptionen (Mattson og medarbejdere, Scarseth 1934 og 1935, Ravikovitch 1934, Davis 1935, Murphy 1939, Burd & Murphy 1939, Stout 1940, Midgley 1941, Bray & Dickman 1942, Black 1943, Kelly & Midgley 1943, Kurtz et al. 1946, Dean & Rubins 1947), og går så vidt som til at forklare udfældningen i et system af $FeCl_3$ og H_3PO_4 som sorption (Mattson & Karlsson 1938).

Andre forskere lægger derimod vægt på fældningen af fosfater (Gaarder 1930, Ford 1933, Heck 1934, Metzger 1940 og 1941, Chandler 1941, Rathje 1942, Coleman 1943 og 1945, Ghani & Islam 1946). Enkelte går så vidt som til at forklare bindingen af fosfat til kaolin som en opløsning af kaolinet i silikat og aluminium og udfældning af aluminiumsfosfat (Low & Black 1948) eller påstå, at lermineralernes fosfatbinding skyldes deres indhold af frie jern- og aluminiumhydroxyder (Coleman 1945). Dog skal det tilføjes, at der er nogenlunde almindelig enighed om, at i neutrale og alkaliske jorder vil en del af fosfatet findes som fældede calciumfosfater, medens der i sur jord findes en del fosfat i forbindelse med jern- og aluminiumforbindelser (oxyder, hydroxyder og silikater). Diskussionen omfatter alene sidstnævnte fosfaters natur.

Fosfor opløst i jordvædsken udgør i reglen under 1 p.p.m.P og er hovedsagelig dissocierede fosfationer, dog kan der forekomme et ret stort indhold af opløste organiske fosforforbindelser — oftest dog kun spor. Indholdet i jordvædsken afhænger af jordtype, gødskning, vandindhold m. v. og varierer mellem spor og 1 p.p.m.P (Wrangell & Haase 1926, Pierre & Parker 1927). Det er således en meget lille part af jordens totale fosforindhold, der findes i jordvædsken — oftest under 0,1 pct.

2. Fosfat i jord- vand- systemet.

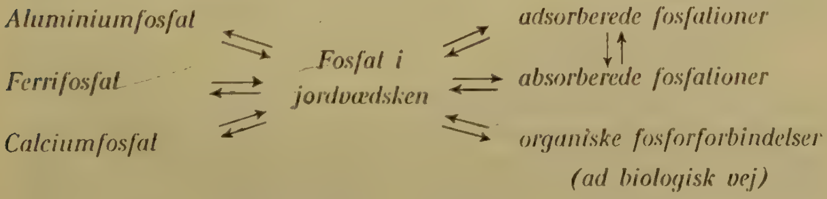
Naturlig jordbund er et system af jord, vand og luft, hvori indholdet af fosfat fordeler sig mellem jord og jordvædske. Det kan vises, at fjernelse af fosfat fra jordvædsken bevirker en vandring af fosfat fra fast til flydende fase, og omvendt at tilførsel af fosfationer til jordvædsken får disse til at vandre ind i den faste fase. Da det antages, at planterne kun optager fosfat fra den flydende fase, har denne reversible proces stor interesse, og den har været genstand for omfattende studier. Det er dog således, at mange forskere kun beskæftiger sig med processens ene retning og ikke fremhæver, at den er reversibel. Det må indskydes, at processen har visse begrænsninger. Selv om man fortsat kunne fjerne fosfat fra jordvædsken uden iøvrigt at ændre dens sammensætning, ville man sikkert ikke få jorden udtømt for fosfat. Det må antages, at vandringen af fosfat fra jorden vil standse, når de i skemaet side 557 med 1b, 1c, 2 og 3 betegnede fraktioner er fjernet — om ikke tidligere. På den anden side er der, som det omtales senere, en vis maksimal mængde fosfat, der kan fastholdes af den faste fase. Det er endnu et spørgsmål, om fosfat, der er vandret ind i jorden fra jordvædsken, restfrit kan vandre ud igen, blot jordvædskens fosfatkoncentration nedsættes. Når man ser bort fra overførsel i organiske forbindelser ad biologisk vej, må det dog antages, at alt i jorden indvandret fosfat kan vandre ud igen, selv om de få undersøgelser, der foreligger, kun viser, at en del vandrer ud igen (Davis 1935, Black 1943). Ingen af de nævnte forskere har dog søgt at bevise, at processen er fuldt reversibel, og dette vil være meget vanskeligt at gøre.

Her vil vandringen af fosfationer fra fast til flydende fase blive betegnet som opløsning, medens den modsatte proces betegnes som binding (undtagelse er dog isotopombytninger). Disse betegnelser henviser således alene til processens retning og ikke til dens natur, for hvilken der sjældent kan gøres rede. Der må regnes med, at opløsnings-bindings-processen kan være følgende enkeltproceser: a. Opløsning og dissociation, hvorved et fosfat opløses og dissocieres i kationer og fosfationer (H_3PO_4, $H_2PO_4^{\div}$ $HPO_4^{\div\div}$, eller $PO_4^{\div\div\div}$ alt efter systemets pH). Den modsvarende proces er fældning. b. Anionombytning, hvor anioner fra jordvædsken bytter plads med fosfationer i jorden — eller omvendt. Af særlig teoretisk interesse er ombytningen mellem fosfationer af det normale fosfor, P^{31}, og fosfationer af den radioaktive fosforisotop, P^{32}, — her betegnet som isotopombytning. Det bemærkes, at denne isotopombytning kan ske uden ændring i jordvædskens fosfatkoncentration.

Det må antages, at fosfatets bevægelser i systemet jord-vand altid går i retning mod en ligevægtstilstand, men alle undersøgelser i rene fosfater og jord viser, at fosfaternes opløsnings- og bindingsprocesser er langsomme og dertil sker med aftagende hastighed, således at der skal meget lang tid — måneder eller år — til at få processen til ende (f. eks. brugte Bassett, 1917, 18 måneder ved 25 °C for at opnå ligevægt i et vandigt calciumfosfat-system). Dog er det muligt, at processen (i hvert fald tilsyneladende) går i stå før ligevægtstilstanden er nået (Bjerrum 1936).

Opløsnings-bindings-processernes langsomme forløb gør det næsten umuligt at undersøge ligevægtstilstanden mellem jord og fosfatopløsninger. Dette gør egentlig heller ikke så meget, fordi studiet af fosfatets bevægelser i jord-vand-systemet tilsigter en klaring af planternes muligheder for at optage fosfat fra jordvædsken, og da der i jordbunden sikkert aldrig opnås ligevægt mellem fosfat i jord og jordvædske, har opløsnings-bindingsprocessernes reaktionsvej og hastighed ligeså stor eller større interesse end selve ligevægtstilstanden.

Som nævnt i forrige afsnit, må man regne med tilstedeværelsen af flere fosfatforbindelser i jorden (sammenfattes under betegnelsen jordfosfaterne). Derfor kan ligevægtssystemet skematiseres således:



Hver af de anførte grupper består sandsynligvis af flere forbindelser med forskellige opløselighedsforhold.

Tilførsel eller bortførsel af fosfationer i jordvædsken vil bevirke en vandring af fosfat til eller fra alle de nævnte forbindelser undtagen de organiske forbindelser.

Dog må der regnes med forskellig bindings- og opløsningshastighed for de forskellige fraktioner, således at en binding eller opløsning kan ske i flere trin. Når der til et jord-vand-system i ligevægt tilføres fosfationer i vædsken, overskrides alle de uorganiske stoffers opløselighedsprodukt, og vandringen af fosfat ind i fast fase begynder. Hvis f. eks. bindingen i calciumfosfat sker langt hurtigere end i absorberet form, kan der dannes calciumfosfat i bindingens første fase, og derefter kan dette opløses og absorberes i en senere fase. Muligvis sker absorption altid via adsorption. Processer af sidstnævnte art — hvorved fosfat overføres i anden kemisk forbindelse evt. med jordvædsken som mellemled — betegnes her som omlejringer.

Studier af fosfaters bevægelser i jord-vand-systemer er gennem årene udført ad to forskellige veje. Enkelte forskere (Parker 1921, Burd & Martin 1924, Wrangell & Haase 1926, Pierre & Parker 1927, Teakle 1928) har undersøgt fosfatindholdet i jordvædske udvundet af jord passende fugtig for planterne. (Udvindingen af denne jordvædske er sket ved hjælp af stærkt tryk eller ved fortrængning med olie o. l.). De fleste undersøgelser er dog udført ved hjælp af ekstraktion efter følgende skema: En afvejet mængde lufttør jord er tilsat vædske (i forhold, der ligger mellem 1:1 og 1:100) og efter henstand eller rystning (½ min. til måneder) er vædsken skilt fra jorden (ved filtrering, centrifugering eller bundfældning ved henstand) og fosfatindholdet i vædsken (eller i jorden) er bestemt. Endelig findes der nogle få undersøgelser over fosfatindhold i vædske, der har været ledet gennem en jordsøjle (Dukes 1935, Hibbard 1935, Dorph-Petersen 1950).

Af disse arbejdsmetoder synes førstnævnte at komme de »naturlige forhold« i jordbunden nærmest, men da der ikke kan fastlægges noget »naturligt« eller »normalt« vandindhold i jord, og da undersøgelsernes resultat i høj grad afhænger af forholdet jord:vand, synes det berettiget at ændre forholdet jord:opløsning så stærkt, at der bliver tale om en ekstraktion, hvilket giver en langt nemmere arbejdsteknik end undersøgelser af jordvædske udvundet ved tryk eller på anden måde.

Det må dog understreges meget stærkt, at man kun med forbehold kan overføre resultaterne fra ekstraktionsundersøgelser til forholdene i jordbunden. Dette fremgår bl. a. af de undersøgelser, der er udført over forholdet jord:opløsningsmiddel i ekstraktioner og som viser, at den mængde fosfat, der går i opløsning (eller bindes), kan være en ret sammensat funktion af forholdet jord:opløsningsmiddel (Wrangell 1926, Bondorff & Steenbjerg 1932, Dukes 1935, Mattson et al. 1950, Aslyng 1950, Bondorff 1952).

Det er også muligt, at rystning af en vandig jordopslemning medfører en ændring i jordkolloidernes struktur og dermed deres bindingsevne overfor fosfat (Gaarder & Grahl-Nielsen 1935). Det er således en almindelig erfaring, at jo længere tid en jordopslemning rystes, desto mere dispergeres den, og vanskeligere filtrerbar bliver den.

A. Bindingskurver.

Forholdet mellem de fosfatmængder, der opløses fra eller bindes i jorden, og opløsningsmidlets fosfatindhold kan demonstreres ved følgende forsøg: Til en række lige store portioner (20 g) af samme jord sættes lige store rumfang (200 ml) vand indeholdende forskellige mængder — fra 0 og opefter — opløst fosfat (KH_2PO_4). Blandingen rystes (24 timer) og filtreres, hvorpå der bestemmes fosfat i filtratet. Resultaterne er vist grafisk i fig. 2, hvor bundet fosfat = tilsat fosfat ÷ fosfat i filtrat. En sådan funktion mellem tilsat fosfat og bundet fosfat betegnes her som en bindingskurve. Der findes adskillige data om sådanne bindingskurver, dog ofte med en noget anden grafisk fremstilling (f. eks. Hibbard 1935, Davis 1935, Kurtz et al. 1946).

Af fig. 2 ses det, at uden fosfattilførsel opløses der lidt af jordens oprindelige fosfatindhold — her vist som negativ binding. Ved en vis fosfatkoncentration i vædsken er der hverken vandret fosfat ud af eller ind i jorden (eller rettere disse to vandringer er lige store), hvorfor den her betegnes som ligevægtskoncentrationen. Med stigende fosfattilførsel — stigende fosfatkoncentration i vædsken — tiltager mængden af bundet fosfat efter en kurve med aftagende stejlhed, og teoretisk skal bindingskurven forløbe vandret ved meget store fosfatkoncentrationer. Dette er dog vanskeligt at vise eksperimentelt, fordi der sammen med fosfationerne nødvendigvis må tilsættes kationer, som indvirker på bindingskurvens form (se side 582—585).

Med samme arbejdsmåde giver forskellige jorder vidt forskellige bindingskurver, d. v. s., at de har forskellig bindingsevne. Dette demonstreres af fig. 3, der viser bindingskurver i 4 danske jorder. Når man udfører tilsvarende bindingsundersøgelser med fosfatfrie mineraler — f. eks. kaolin —, får man

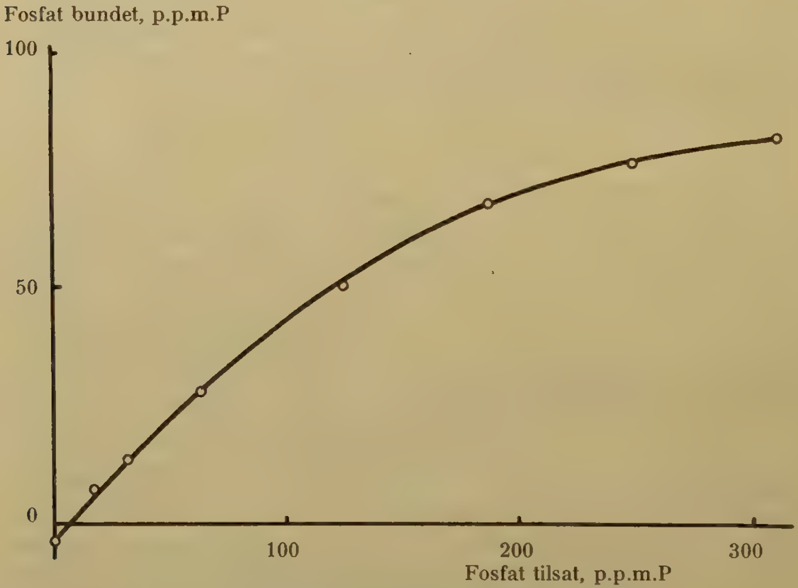


Fig. 2. Bindingskurve for en sandjord fra Ikast.
Tilsat og bundet fosfat er beregnet i p.p.m.P i lufttør jord.

bindingskurver, der udgår fra koordinatssystemets nulpunkt, d. v. s., at ligevægtskoncentrationen er nul. At der ved forsøg i jord fås lidt fosfat opløst ved tilførsel nul, og at ligevægtskoncentrationen har en vis lille værdi, kan opfattes på den måde, at jorden allerede inden forsøget har bundet en del fosfat, og at de bindingskurver, man finder i jord, kun er en part af den fosfatfrie jords fulde bindingskurve. Når man i jord finder en meget fladt forløbende kurve, kan dette derfor betyde, at jorden har ringe bindingsevne, eller at den i forvejen har bundet så meget fosfat, at undersøgelsen »starter« oppe på bindingskurvens vandrette del.

For at få talmæssige, sammenlignelige udtryk for jorders fosfatbindingsevne er der foreslået adskillige bestemmelsesmetoder, hvoraf de fleste kan indordnes i følgende her opstillede bindingsmål.

Ud fra den forudsætning, at bindingskurverne vil forløbe vandret ved store fosfattilførsler, kan man betegne den fosfatmængde, en jord maksimalt kan binde, som dens fosfatbindingskapacitet. Denne bindingskapacitet vil nogenlunde kunne måles ved at behandle en jordprøve med ret koncentreret

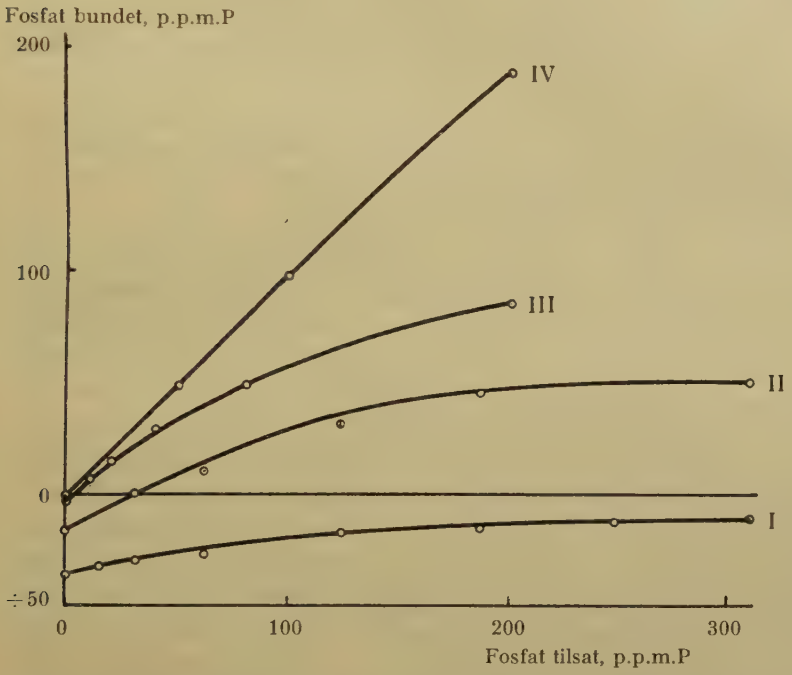


Fig. 3. Fosfatbindingskurver i fire danske jorder. I hedesandjord (fra Sunds) uden bindingsevne — selv ved en tilsætning svarende til 10 t superfosfat pr. ha (310 p. p. m. P.) er der ikke bundet noget fosfat. II. fosfatrig, let lerjord (Askov). III. let sandjord (Jyndevad). IV. surt undergrundsler (Askov) med stor bindingsevne — idet så godt som alt tilsat fosfat er bundet.

fostfatopløsning, filtrere, og bestemme det bundne fosfat, enten ved at måle fosfatet i opløsningen eller ved at bestemme fosfat i jorden, idet denne ekstraheres med et stærkt opløsningsmiddel. Undersøgelser efter et sådant skema er da også foreslået af flere forskere (Hester 1937, Dean & Rubins 1947, Toth & Bear 1947). Det kan tilføjes, at et par af de bestemmelsesmetoder, der af forfatterne betegnes som kapacitetsbestemmelser, er udført med så små mængder fosfat, at de falder ind under den bestemmelsesmåde, som her betegnes som bindingsprocent (Heck 1934 og 1935, Murphy 1939).

De foreliggende undersøgelser viser, at bindingskapaciteten er meget forskellig fra jord til jord, og at det ofte er overordentlig store mængder fosfat, der kan bindes — selv i jorder, hvorpå planterne er velforsynede med fosfat. Beregnet for pløjelaget er bindingskapaciteten af størrelsesordenen 10—400 tons superfosfat pr. ha.

Til sammenligneligt mål for jorders bindingsevne er foreslået anvendelse af den mængde fosfat, der skal tilsættes jord-vædske-systemet, for at opløsningen efter en bestemt rystetid skal indeholde en fastsat fosfatkoncentration. Da der er tale om binding ved en bestemt standardiseret fosfatkoncentration, er dette bindingsmål her betegnet som standardbindingen. Analytisk kan denne måles ved at bestemme 2—4 passende beliggende punkter på bindingskurven og grafisk interpolere til den mængde fosfat, der skal tilsættes, for at opløsningen får den vedtagne standardkoncentration. Bestemmelse af standardbindingen er foreslået af Hibbard 1935 under betegnelsen »fixing pover« (standardkonc. = 1p.p.m.PO_4) og er senere anvendt af Semb 1943 og Larsen 1945.

Den almindeligst anvendte metode til måling af jorders fosfatbindingsevne udføres efter følgende skema: Jordprøver tilsættes vand indeholdende en bestemt mængde opløst fosfat, rystes, filtreres, hvorpå der bestemmes fosfat i filtratet. D. v. s., at man med samme arbejdsmåde bestemmer det punkt af de pågældende jorders bindingskurver, som svarer til een vedtagen fosfattilførsel — x-værdi. Et blik på fig. 3 vil vise, at en sådan undersøgelses resultater ganske vil afhænge af den valgte fosfatmængdes størrelse. Undersøgelsesresultaterne kan udtrykkes i den bundne fosfatmængde pr. vægtenhed jord eller pr. ha, men på grund af målingens relative karakter må det foretrækkes, at den bunde fosfatmængde udtrykkes i procent af den tilsatte mængde, selv om denne procent også afhænger af den tilsatte fosfatmængdes størrelse. Dette mål for jorders fosfatbindingsevne betegnes her som bindingsprocenten, men anvendes under forskellige navne i litteraturen (bl. a. af Ford 1933, Heck 1934, Hibbard 1935, Beater 1937).

Alle de nævnte mål for jorders fosfatbindingsevne er dog relative og de dermed vundne resultater kun sammenlignelige, hvis der anvendes nøjagtig samme arbejdsforhold — herunder især forholdet jord:vædske, rystetid, temperatur og det tilsatte fosfats kation.

Ændring i forholdet mellem jord og vædske vil med samme fosfattilsætning bevirke, at jorden behandles med forskellig fosfatkoncentration, og derved ændres i hvert fald resultaterne af bestemmelser af bindingsprocent, idet denne aftager med stigende mængde vædske til samme mængde jord (Hibbard 1935). Ved bestemmelse af bindingskapaciteten skulle jord: vædskeforholdet spille mindre rolle, når der blot anvendes tilstrækkeligt fosfat. Ud fra undersøgelser af Davis 1935 og Kurtz et al. 1946 må man vente, at standardbindingen er konstant, selv om jord:vædskeforholdet ændres betydeligt.

Flere undersøgelser viser, at med samme fosfattilførsel tiltager den i jord eller mineraler bundne mængde fosfat med tiltagende rystetid, således at der pr. tidsenhed (time, dag) bindes mest i den første enhed, og derefter aftager bindingen mod nul (Heck 1934, Hibbard 1935, Davis 1935, Murphy 1939, Black 1943, Coleman 1945, Kurtz et al. 1946, Sieling 1947). Dog er forholdet mellem binding og rystetid stærkt afhængig af systemets pH (Black 1943, Coleman 1945, Perkins & King 1946).

Årsagen er det side 567 omtalte forhold, at ligevægten i et vandigt system af fosfat først opnås efter lang tid. Dog kan en af forøget rystetid forårsaget findeling og dispergering af jordpartiklerne være medvirkende, fordi bindingsevnen i mange lermineraler, f. eks. kaolin, tiltager med aftagende partikelstørrelse (Hibbard 1935, Murphy 1939, Perkins & King 1945, Sieling 1947). Med hensyn til den med tiden tiltagende fosfatbinding kan indskydes, at der også i jord, der henstår i »markfugtig« tilstand, sker en fortsat tiltagende binding. I nogle forsøg (Hibbard 1935, Moser 1941, Kurtz et al. 1946, Maas & Bentley 1946) er der i laboratoriet sat vandopløseligt fosfat til fugtig jord, og med mellemrum — uger til år — er fosfatets opløselighed målt ved rystning i kort tid med vand eller fortyndet syre. Både i vand og fortyndet syre aftager opløseligheden med tiden, d. v. s., at der sker en med tiden tiltagende binding. Endvidere er det muligt, at der efterhånden sker en omlejring af det bundne fosfat fra mere opløselige til mindre opløselige former.

Den med tiden tiltagende fosfatbinding bevirker, at resultaterne af de tre målemetoder, bindingskapacitet, standardbinding og bindingsprocent, bliver afhængig af rystetiden. Ydermere er forholdet mellem fosfatbindingen og tiden ikke ens i forskellige jorder (Hibbard 1935), således at det indbyrdes forhold mellem en række jorders fosfatbindingsevne — målt med et af de nævnte mål — også ændres, når rystetiden forandres.

B. Opløsningskurver.

Ved ekstraktion af jord med fosfatfrit opløsningsmiddel opløses der fosfat, og denne mængde er afhængig af opløsningsmidlets art, især dets pH-værdi, hvilket kan demonstreres ved forsøg efter følgende skema: Til lige store prøver af samme jord sættes lige store rumfang af blandinger af vand og syre (evt. vand og base) i forskelligt forhold. Efter rystning eller henstand måles pH i opslemningen og fosfat i vædsken — efter filtrering eller centrifugering. Resultaterne optegnes ofte som en funktion mellem opslemningens pH og mængden af fosfat i filtratet — se fig. 4. Denne funktion betegnes her som opløsningskurven. Af de mange undersøgelser af denne art ses det, at opløsningskurverne er vidt forskellige i forskellige jorder (se f. eks. Hibbard 1931, Gaarder & Grahl-Nielsen 1935, Vries & Hetterschij 1938, Gardner & Kelly 1940, Salonen 1941, Kelly & Midgley 1943, Semb 1943, Burd 1948).

Når man som syre og base anvender henholdsvis HCl og NaOH, får man ofte opløsningskurver med et minimumsområde ved pH 5—6 og en kurve, der stiger stærkt ved pH lavere end 3, medens stigningen for højere pH end svarende til minimum er moderat. Der er nogen tendens til, at sure calciumfattige jorder har opløsningskurver med minimum ved lavt pH og ret stærk stigning i mængden af opløst fosfat ved højere pH. Calciumholdige jorder har opløsningskurver med et »bredt« minimumsområde ved pH 6—8, og stigningen i mængden af opløst fosfat ved højere pH er ubetydelig (Benne et al. 1936).

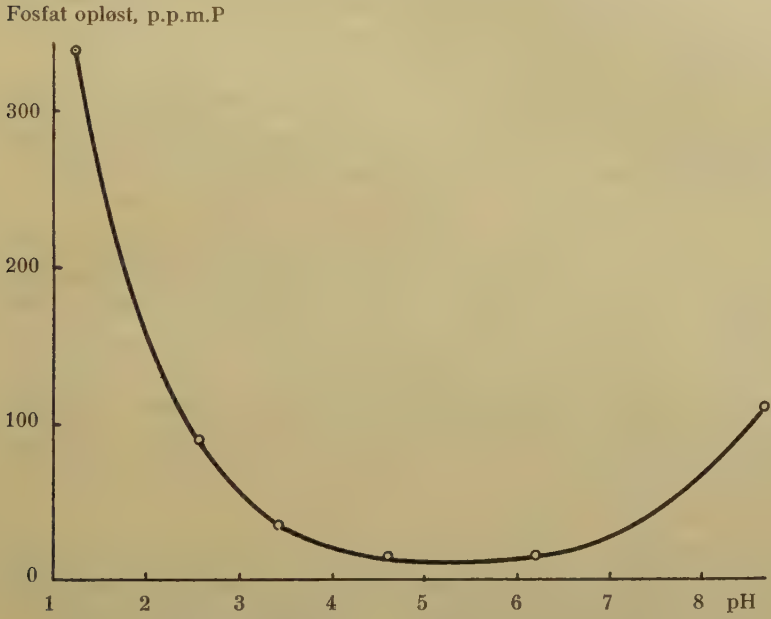


Fig. 4. Opløsningskurve for en fosfatrig, let lerjord fra Askov.

Tilsvarende opløsningskurver får man, når kurvens basiske gren fremstilles med $CaCO_3$ eller $Ca(OH)_2$ i stedet for NaOH (se side 585). I enkelte tilfælde er der i jord fundet opløsningskurver med to minima og et mellemliggende maksimum (Gaarder & Grahl-Nielsen 1935, Benne et al. 1936, Mattson & Karlsson 1938, Stelly & Pierre 1943).

Opløsningskurvernes forløb er øjensynligt bestemt af jordernes indhold af fosfatfældende jern-, aluminium- og calciumforbindelser, samt adsorberende kolloider. Selv om man ud fra Gaarders undersøgelser — se fig. 1 — kan forklare hovedtrækkene i opløsningskurvernes forløb, således den stærke stigning i mængden af opløst fosfat ved pH under 2—3, hvor både calcium-, aluminium- og ferrifosfater opløses, såvel som forskellen mellem kurverne i calciumrige og -fattige jorder og forekomster af kurver med to minima i jord med hovedsagelig jern og calcium som bindende stof, — så viser Gaarders undersøgelser også, at opløsningskurvernes form afhænger stærkt af forholdet mellem mængderne af anioner og kationer, hvorfor det ikke er muligt ud fra opløsningskurvernes form at slutte sig til, hvilke stoffer, der binder fosfat i vedkommende jord, således som enkelte forfattere har forsøgt det.

Ud fra opløsningskurvernes almene forløb — med minimumsområde omkring pH 6 — er det forståeligt, at mængden af vandopløseligt fosfat afhænger stærkt af jordernes pH og oftest er størst i sure jorder. (Gaarder & Grahl-Nielsen 1935).

De fleste opløsningskurver i jord omfatter kun pH mellem 1—2 og 8—10, og med denne begrænsning finder man stedse tiltagende stejlhed mod kurvens ender. Hvis syremængden øges yderligere, ser man, at kurven får aftagende stejlhed ved tiltagende syremængde. For forholdene ude i jordbunden har dette ingen betydning, medens det er af stor interesse i analyseteknisk henseende (Salonen 1941, Damsgaard-Sørensen 1946, Bondorff 1952).

Som mål for fosfatets opløselighed i en række jorder har man i stor udstrækning anvendt bestemmelsen af et punkt af opløsningskurven, idet jorden enten er behandlet med en stødpudeblanding med det ønskede pH — i reglen omkring pH 3 — (Truog 1930, Egnér 1932), eller der er bestemt 2—3 punkter på opløsningskurven og interpoleret til den fastsatte pH-værdi (Bondorff & Steenbjerg 1932). Sådanne etpunktsbestemmelser er i stor udstrækning anvendt til praktisk vejledning vedrørende jorders gødskning med fosfat (se side 640).

På samme måde som for bindingskurver gælder det, at opløsningskurvernes form i nogen grad er afhængig af den valgte arbejdsmåde: rystetid, forholdet jord:vand, filtreringsmetode, samt den anvendte syres (bases) art.

Når jord behandles med fortyndet syre eller base, så pH ændres, sker der både opløsning og binding af fosfat, idet nogle fosfatforbindelser opløses og andre dannes, fordi jorden indeholder en blanding af fosfatfældende kationer (Fe, Al, og Ca) samt adsorberende kolloider, hvis fosfatforbindelser har vidt forskellige opløsningskurver (se skemaet side 567 og fig. 1). Da disse opløsnings- og bindingsprocesser antagelig foregår med forskellig hastighed, kan man få en meget kompliceret virkning af en ændring i pH. Dette demonstreres af fig. 5, der viser opløsningskurver ved forskellig rystetid i samme jord (Dorph-Petersen 1953). Over pH 5 er rystetidens virkning ret usikker, idet den opløste mængde fosfat er meget lille, men ofte tiltager den lidt med tiltagende rystetid (Meyer 1930). I området mellem pH ca. 3 og ca. 5 er den opløste mængde fosfat størst efter een times rystning og aftager derefter. Under pH 3 tiltager mængden af opløst fosfat ofte med tiltagende rystetid.

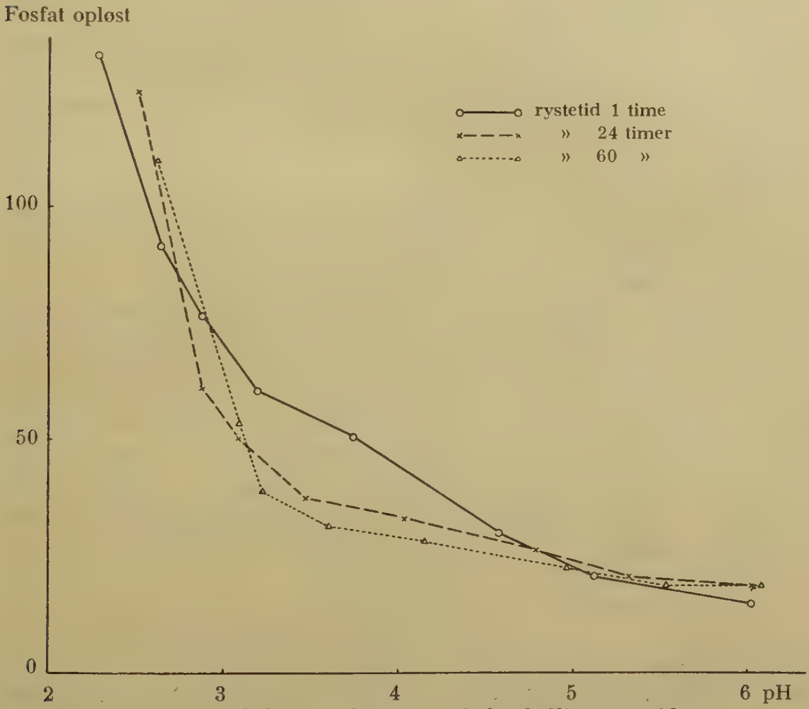


Fig. 5. Opløsningskurver ved forskellig rystetid.
Fosfatrig, let lerjord fra Askov.

(Dette forløb er tidligere påvist bl. a. af Russell & Prescott 1916, Hibbard 1931 og Lemmermann & Rauterberg 1949 har fundet aftagende mængder opløst fosfat med tiltagende rystetid i området mellem pH 3 og 5).

Forklaringen er antagelig følgende: I neutral jord findes en del af fosfatet som calciumfosfat, der har ringe opløselighed over pH ca. 6 (fig. 1), men opløses, når pH sænkes under 5,5. Mellem pH ca. 3 og ca. 5 bindes det fra calciumfosfat opløste fosfat som ferri- og aluminiumfosfat eller adsorberes af kolloiderne, men denne binding sker langsommere end opløsningen. Under pH 2—3 opløses også ferrifosfat, således at den opløste fosfatmængde tiltager med øget rystetid, således som normalt for tungtopløselige salte.

I jord fra markforsøg med stigende mængder kalk er fundet, at den mængde fosfat, der midlertidigt opløses ved pH mellem 3 og 5, tiltager med stigende kalkmængder.

Det skal sluttelig påpeges, at i normale jorder med indhold af ler, jern og calcium, er det kun en ringe part — ofte under 2 pct. — af jordernes indhold af uorganisk fosfat, der er opløselig ved pH-værdier, som kan forekomme i dyrket jord. Kun i sure sandjorder — f. eks. fra jydske hedeflader — kan en meget stor part — op mod 100 pct. — af de uorganiske fosfater være opløselige i vand (Dorph-Petersen 1950, samt ikke offentliggjorte data).

C. Opløsnings-bindingskurveflader.

Ved at gentage målingen af en jords bindingskurve ved andre pH-værdier (pH ændret ved syre- eller basetilsætning) kan man få en samlet fremstilling af opløsnings-bindingsforholdets afhængighed af pH. Det samme opnås ved at gentage måling af opløsningskurven med forskellig tilsætning af fosfat til jorden.

Der foreligger en del sådanne undersøgelser over opløsnings-bindingsforholdets afhængighed af pH udført dels i rene salte (Gaarder 1930), dels i mineraler (Black 1943, Perkins & King 1944 og 1945, Coleman 1945), samt kolloid udvundet af lerjord (Scarseth & Tidmore 1934 og 1935, Allison 1943). Desværre findes kun enkelte undersøgelser i jord (Mattson & Karlsson 1938, Black 1943).

Resultaterne af sådanne undersøgelser fremstilles ofte grafisk i form af opløsningskurver med en kurve for hver af de fosfatmængder, der sættes til jorden eller det undersøgte mineral.

Her er foretrukket en tredimensional fremstilling med tilsat fosfatmængde (x) og pH (y) som de vandrette akser og bundet fosfat som lodret akse (z) — opløst fosfat er betragtet som negativ

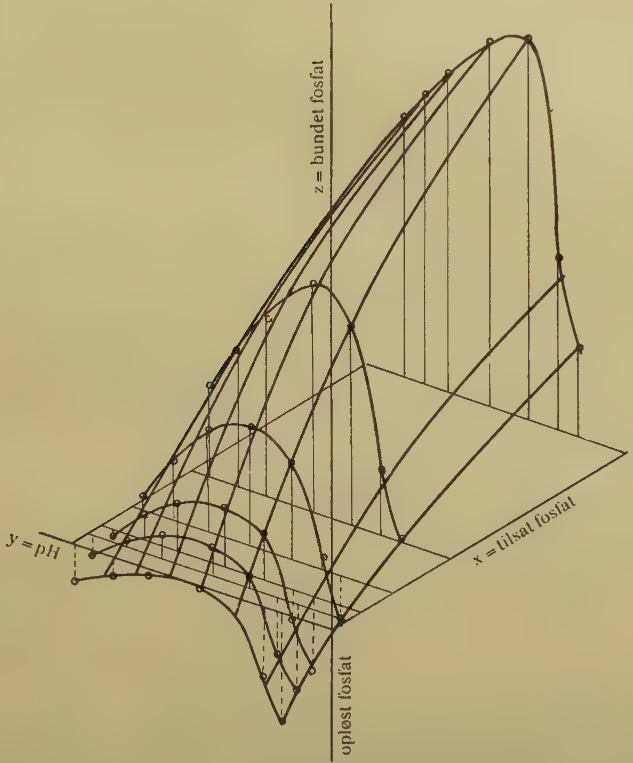


Fig. 6. Opløsnings-bindingskurveflade for en sandjord fra Jyndevad. x = tilsat fosfat er 0-200 p. p. m. P. y = pH går fra 0 til 8. z = bundet fosfat er tegnet i dobbelt målestok i forhold til x. Opløsningskurverne (i y-z planet) er frihåndskurver efter de målte punkter, men da disse ikke svarer til helt ens pH-værdier, er bindingskurverne (i x-z planet) interpoleret for pH-værdierne 1.5, 2, 3, 4, 5, 6 og 7.

binding. I fig. 6 er vist resultaterne af en af forfatteren udført undersøgelse i sandjord på forsøgsstationen ved Jyndevad. pH er ændret med HCl og NaOH, og fosfat er tilsat som KH_2PO_4. Rystetid

24 timer, filtrering gennem membranfilter, fosfat i filtratet bestemt kolorimetrisk. I fig. 7 er der ud fra de ovenfor omtalte undersøgelser og egne målinger i 2 jorder vist et idealiseret tilfælde for jord med pH ca. 7. Tegnet på denne måde giver målings-

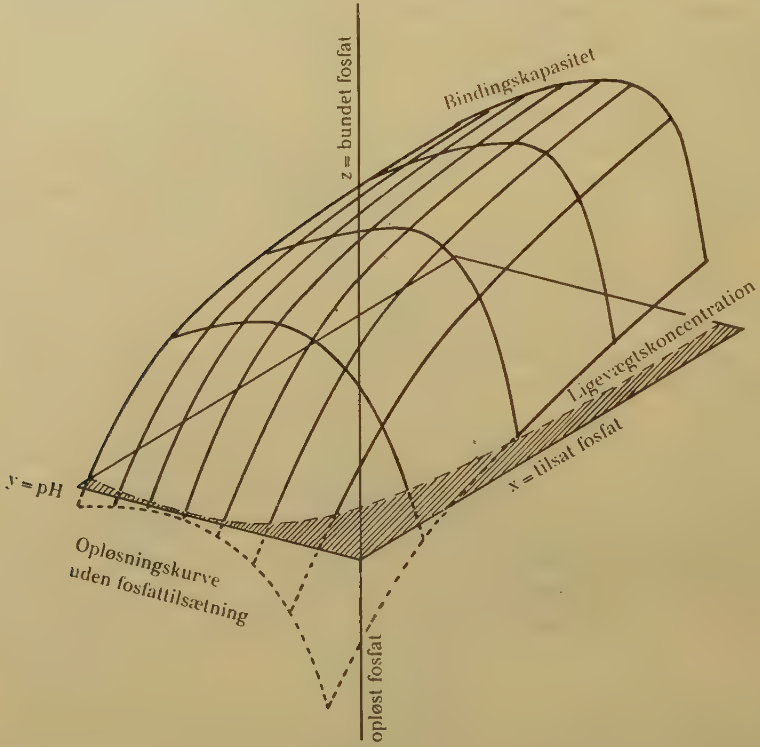

z = bundet fosfat
Bindingskapasitet
Ligevægtskoncentration
x = tilsat fosfat
y = pH
Opløsningskurve uden fosfattilsætning
opløst fosfat

Fig. 7. Teoretisk opløsnings-bindingskurveflade konstrueret for pH mellem 0 og 8 og for fosfattilsætning fra 0 til meget store værdier. Figuren viser foruden opløsningskurven for jord uden fosfattilsætning også opløsningskurver for jord tilsat fire ækvidistante fosfatmængder. Bindingskurverne er tegnet for hver af de hele pH-værdier fra 1 til 8. Ved sammenligning mellem fig. 6 og 7 må bemærkes, at fig. 7 tænkes at omfatte langt større fosfatmængder end fig. 6.

resultaterne en kurveflade, der her betegnes som *opløsnings-bindingskurvefladen*. Kurverne i x—z planet (kurven fra venstre mod højre) er bindingskurver ved forskelligt pH, og det forudsættes (i fig. 7), at de alle forløber vandret ved store fosfattilførsler. Kurverne i y—z planet (fra højre bagud mod venstre) er opløsningskurver, der er drejet 180° i forhold til fremstillingen i fig. 4 og 5. Kurven på figurens venstre ende (y—z planet for x = 0) er opløsningskurven i jord uden tilsætning (i P-frit materiale falder denne sammen med y-aksen, d. v. s. z = 0). Ved meget store fosfatmængder vil kurven på y—z planet vise bindingskapacitetens afhængighed af pH.

Kurvefladens skæring med det vandrette x—y plan angiver ligevægtskoncentrationens afhængighed af pH, og det ses, at ligevægtskoncentrationen har en minimumsværdi — her ved pH 5 — og jo lavere pH er derunder, desto større er ligevægtskoncentrationen. Det må antages, at der ikke kan bindes fosfat under en vis pH-værdi, men denne kan være ret lav — Davis, 1935 finder således binding ved pH 0,25—0,70.

Kurvefladens form er selvsagt afhængig af det bindende stofs art, for jord af dens sammensætning. Af Scarseth's undersøgelser (1935), hvortil der er anvendt et lerkolloid mættet med henholdsvis calcium og jern, ses de nævnte kationers store virkning. For neutrale og svagt sure jorder med ler- og jernindhold er den maksimale binding (minimale opløselighed) ved pH mellem 4 og 6, og dette maksimumspunkt forskydes mod lavere pH ved stigende fosfattilførsel — således som den idealiserede fig. 7 viser det. I kalkede jorder med pH over 7 ligger den maksimale binding ved et højere pH og forskydes kun lidt opad med øget fosfattilførsel. Dette svarer til Gaarders undersøgelser over opløseligheden af ferri-, aluminium- og calciumsfosfater (se side 563).

I nogle jorder kan der være to bindingsmaksima, et ved pH 3—5, antagelig hidrørende fra jernforbindelser og et over pH 7 — calciumforbindelser. Ved stigende fosfattilførsel fjerner de to maksima sig fra hinanden, og det mellemliggende minimum bliver tydeligere (Mattson & Karlsson 1938, Allison 1943).

Det skal dog tilføjes, at mange af de undersøgelser, der kan tjene til at belyse opløsnings-bindingsforholdene ved forskellig pH, er så ufuldstændige (omfatter få punkter af kurvefladen), at det er vanskeligt at få noget overblik, med mindre man optegner en idealiseret kurveflade som fig. 7 og indlægger forsøgenes data heri. Ved at arbejde på denne måde ser man, at de foreliggende data faktisk kan indordnes under en sådan opløsnings-bindingskurveflade, hvis form er afhængig af det bindende stofs art.

Naturligvis er denne kurveflades forløb afhængig af den i laboratoriet anvendte arbejdsmåde — rystetid, temperatur, anioner og kationer i syre, base og fosfattilførsel. Her skal ikke gøres nærmere rede for disse faktorers virkning, men kun peges på det forhold, at rystetidens (eller henstandstidens) virkning er stærkt afhængig af pH (Black 1943, Coleman 1945), idet øget fosfatbinding ved forlænget rystetid især er fremtrædende ved lavt pH.

Bestemmelse af en given jords opløsnings-bindingskurveflade har antagelig kun ringe interesse, medens det almindelige billede af denne kurveflade må tillægges betydning, idet man ud fra det vil kunne fortolke mange resultater af bindings- og opløsningsundersøgelser, som ellers nemt giver anledning til mistydning.

D. Opløsnings-bindingsforholdenes påvirkning af forskellige ioner.

I de to foregående afsnit er omtalt virkningen af pH — brintioner — på fosfatets opløsning og binding, hvilket er et af de bedst undersøgte forhold og vel også det mest primære. Derudover foreligger der forskellige undersøgelser over andre ioners indvirkning på fosfaternes opløsnings-bindingsforhold. Sådanne undersøgelser burde omfatte vedkommende ioners indvirkning på hele opløsnings-bindingskurvefladen, men der er i reglen kun undersøgt virkningen for en enkelt opløsnings- eller bindingskurve, undertiden kun for et enkelt punkt af kurvefladen.

For oversigtens skyld deles materialet i: a anioner, b kationer, der danner tungtopløselige fosfater og c andre kationer.

a. Virkningen af anioner. Når der til et system af vand og jord i ligevægt sættes et neutralt alkalisalt, vil dettes anioner ændre ligevægten, idet de fortrænger fosfatet fra dets forbindelser i den faste fase. Denne fortrængning kan være en ombytning med adsorberet og absorberet fosfat eller skyldes, at de tilsatte anioner danner salte eller komplekse forbindelser med jern, aluminium og calcium, der er mindre opløselige end de tilsvarende fosfater, hvorved fosfatet bringes i opløsning. I den nye ligevægt, der efterhånden indtræder, vil forholdet mellem fosfat og den tilsatte anion i henholdsvis fast og flydende fase være afhængig af de to anioners koncentrationer og deres fortrængningsevne overfor hinanden. Sidstnævnte synes afhængig af den anvendte jord, hvilket er sandsynligt, da det kan dreje sig om flere processer.

Anionernes virkning er vist ved undersøgelse af jordfosfatets opløselighed ved tilsætning af neutralsalte (Dickman & Bray 1941, Kurtz et al. 1946, Dean & Rubins 1947, Sieling 1947, Swenson et al. 1949, Struthers & Sieling 1950) eller ved sammenligning mellem opløsningskurver fremstillet med forskellige syrer (Russell & Prescott 1916, Bondorff & Steenbjerg 1932). Disse undersøgelser har vist, at de forskellige anioner har vidt forskellig fortrængningsevne overfor fosfat. Stor fortrængningsevne har f. eks. fluorid og arsenat samt flere organiske anioner såsom citrat, oxalat, medens sulfat, klorid og nitrat har ringe evne til at fortrænge fosfat fra jord. Anioner med stor fortrængningsevne kan både forøge opløseligheden af jordfosfaterne og hindre binding af tilsat fosfat (Cooke 1951). Dog er de her nævnte anioners virkning stærkt afhængig af systemets pH.

Flere undersøgelser har vist, at silikat i form af alkalisilikat eller kiselsyregel forøger jordfosfaternes opløselighed og nedsætter bindingen af fosfat i jord-, ler- og jernmineraler — dog især over pH 4 (Gaarder 1930, Gaarder & Grahl-Nielsen 1935, Hibbard 1935, Semb 1943).

På tilsvarende måde virker humus og humater (dog ikke calciumhumat) (Gaarder & Grahl-Nielsen 1935, Flieg 1935, Kappen 1936 og 1943, Semb 1943, Swenson et al. 1949), hvorfor man må regne med, at en jords humusindhold er en vigtig faktor for fosfatets opløsningsforhold.

En særlig teoretisk interesse knytter sig til ombytningen mellem fosfationer med det normale fosfatatom, P^{31}, og fosfationer med den radioaktive isotop, P^{32}. Da disse to slags fosfationer må forudsættes at have ens fortrængningsevne overfor hinanden, må der ved ligevægt gælde følgende forhold mellem koncentrationerne:

$$\frac{P^{32} - \text{fosfat i jordvædske}}{P^{31} - \text{fosfat i jordvædske}} = \frac{P^{32} - \text{fosfat i jord}}{P^{31} - \text{fosfat i jord}}$$

i fald al fosfat i jord kunne deltage i ligevægtsprocesserne. Ved at sætte en kendt mængde P^{32}-fosfat til et system af vand og jord og lade det løbe til ligevægt (eller hen imod) kan man efter filtrering og bestemmelse af P^{31} og P^{32} i filtratet beregne de fire led i foranstående ligning. Sidste led — P^{31}-fosfat i jord — bliver dog væsentlig mindre end jordens totale fosfatindhold — også mindre end indholdet af uorganiske fosfater — og dette viser, at kun en part af jordens fosfatindhold deltager i ombytningsprocessen. Denne part kan betegnes som ombytteligt fosfat. På grund af vanskelighederne ved at opnå ligevægt, vil bestemmelser af ombytteligt fosfat påvirkes af den anvendte arbejdsmåde — f. eks. af tilsat fosfatkoncentration, rystetid, temp. m. v.

Mængden af ombytteligt fosfat i jord har man tidligere søgt at bestemme ved at fortrænge fosfatet med andre anioner, arsenat eller fluorid (Bray & Dickman 1942, Dean & Rubins 1947, Schollenberger 1947).

b. Fosfatfældende kationer. Som venteligt ud fra undersøgelserne over jern- og aluminiumfosfaternes opløselighed ved forskelligt pH (fig. 1) finder man, at blanding af vandopløselige ferri- og aluminiumsalte i jord eller lermineraler har større evne til at binde fosfat, især ved pH 3—6, end vedkommende jord eller mineral (Davis 1943, Perkins 1948).

Modsat nedsættes bindingsevnen, når der fjernes jern og aluminium fra jord- og lermineraler — dog må det bemærkes, at fjernelsen af jern og aluminium med syre er et så drastisk indgreb, at der samtidig kan ske meget andet (Davis 1935, Chandler 1941, Coleman 1943 og 1944, Kelly & Midgley 1943, Dean & Rubins 1947, Wild 1953).

I god overensstemmelse hermed finder man stor korrelation mellem en række jorders fosfatbindingsevne (målt ved standardbindingen) og forholdet mellem acidoider og basidoider i samme jorder, således at øget indhold af basidoider (Fe- og Al-hydroxyder) øger bindingen, medens øget indhold af acidoider (silikat og humuskolloider) nedsætter denne (Gaarder & Grahl-Nielsen 1935, Semb 1943).

Over pH ca. 5,5 har jordernes indhold af calcium afgørende indflydelse på fosfatets opløsnings-bindingsforhold, idet mængden af fosfationer i jordvædsken aftager, når mængden af calciumioner øges (Aslyng 1950). Tilsætning af et neutralt opløseligt calciumsalt formindsker jordfosfaternes opløselighed og øger fosfatbindingen (Hibbard 1935, Burd & Murphy 1939, Perkins 1948, Lehr & Weesemael 1952, Wild 1953).

Det må bemærkes, at kalkning — tilførsel af $CaCO_3$ — ændrer fosfatets opløsnings-bindingsforhold både gennem ændring af pH og forøgelse af calciumkoncentrationen. Ved at sammenligne opløsningskurver, hvor den »basiske« gren er fremstillet med såvel NaOH som $Ca(OH)_2$ ser man, at ved samme pH opløses der langt mindre fosfat ved anvendelse af $Ca(OH)_2$ end ved anvendelse af NaOH (McGeorge & Breazeale 1932, Benne et al. 1936, Davis 1943, Pratt & Thorne 1949). Tilsvarende viser Scarseth's undersøgelser (1935), at over pH 5 binder en calciummættet kolloid langt mere fosfat end den tilsvarende natriummættede kolloid.

c. Andre kationer. Ved koncentrationer, hvori natrium, kalium og ammonium forekommer i almindelig dyrket jord, har disse ioner ingen eller ringe indflydelse på fosfatets opløsnings-bindingsforhold. Flere undersøgelser viser, at i store koncentrationer har disse ioner en målelig virkning (Hibbard 1935, Mattson & Karlsson 1938, Eriksson 1940 og 1942, Semb 1943, Kurtz et al. 1946, Wild 1953).

Denne virkning kan være en almindelig virkning af ionkoncentrationen eller en specifik virkning af vedkommende ion. De foreliggende resultater synes ikke helt overensstemmende, men det kan skyldes, at de nævnte ioners virkning ikke er ens over hele opløsnings-bindingskurvefladen, og så vil virkningen målt i et punkt deraf afhænge af den valgte pH-værdi og fosfatkoncentrationen. Hele forholdet har hovedsagelig kun analyseteknisk interesse. Det kan tilføjes, at ændringen af forholdet mellem jord og vædske i ekstraktionsforsøg meget vel kan ændre koncentrationen af andre ioner i opløsningen og derigennem medvirke til ændringen i fosfatets opløsnings-bindingsforhold (se side 569). Tilsvarende gælder i forsøg, hvor man behandler samme portion jord med flere hold vand (rystning eller gennemløb). Der kan da fås en række filtrater med aftagende calciumindhold og tiltagende fosfatindhold (Hibbard 1935, Burd 1948).

E. Tilførsel af tungtopløselige fosfater til jord-vædskesystemet.

I alle forannævnte bindingsundersøgelser er fosfatet tilført i vandopløselig form, og alle betragtninger vedrørende ligevægtsprocesserne er gjort ud fra den forudsætning. Tilføres der jord-vædskesystemet et tungtopløseligt fosfat — f. eks. råfosfat — bliver forholdet noget anderledes. Medens et vandopløseligt fosfat — som superfosfat — opløses meget hurtigt og derfor kan betragtes som tilførsel til den flydende fase — jordvædsken — må råfosfater betragtes som tilførsel i den faste fase. De sandsynlige processer, der kan ske efter tilførsel af råfosfat til jord-vædskesystemet, kan nærmest anskueliggøres ved i den skematiske fremstilling af ligevægtssystemet side 567, at indføre en ny gruppe fosfater, der ligesom de øvrige er i reversibel ligevægtsforbindelse med jordvædsken. Da råfosfaterne oftest har større opløselighed end jordfosfatet, d. v. s. at vand i ligevægt med råfosfat har større fosfatkoncentration end jordvædsken normalt har (Wrangell 1926), må man regne med, at der i reglen vil vandre fosfat fra råfosfatet, via jordvædsken, til de andre fosfatformer. Dog er der stor forskel på råfosfaternes opløselighed, og denne er stærkt afhængig af jordvædskens reaktion og calciumkoncentration, således at alle råfosfater (der er calciumfosfater) er mest opløselige i sur, calciumfattig jordvædske. (For tungtopløselige teriære jern- og aluminiumsfosfater er dette forhold sandsynligvis omvendt).

Men selv i sur jord vil der medgå væsentlig længere tid inden råfosfater omlejres i andre fosfater end den, der går inden superfosfat er endt i de samme forbindelser. Dette behøver ikke skyldes, at ligevægten mellem jordvædske og råfosfat ikke er forskudt nok, men derimod at råfosfatets kornstørrelse sætter grænsen for vandringshastigheden, idet opløsningshastigheden for råfosfater i vand og svage syrer er bestemt af formalingsgraden. Ved tilførsel af groft formalet råfosfat til jord, vil der sandsynligvis gå år, inden der opnås ligevægt mellem råfosfatet og de øvrige fosfater, eller alt råfosfatet er omlejret i andre fosfater.

3. Fosfatets bevægelser i naturlig jordbund.

Normale jorders store evne til at binde fosfat medfører, at jordfosfat og gødningsfosfat har meget ringe bevægelighed i såvel lodret som vandret retning. De forhold, der kan bevirke en bevægelse af fosfat, er de rent mekaniske bevægelser af jorden, forårsaget af mennesker og dyr, samt vandets bevægelser i jorden.

Ved normal jordbehandling vil jordfosfaterne og tilført gødningsfosfat efterhånden — ad åre — blive blandet jævnt i pløjelaget, men en enkelt jordbehandling vil kun bevirke en dårlig fordeling af gødningsfosfat i pløjelaget — harvning bringer således kun fosfat 0—4 cm ned i jorden (Torstensson 1937, Torstensson & Eriksson 1939). Regnorme og andre dyr kan i nogen udstrækning medvirke til blanding af jorden og dermed til fordeling af fosfat — også mellem over- og undergrund.

Plantevæksten kan utvivlsomt påvirke fosfatfordelingen mellem jordprofilens forskellige lag. Det almindeligste er vel, at planterne optager fosfat i dybere lag — ned til ca. 1 meter — og en del deraf aflejres i jordoverfladen, når planterne dør. Den modsatte bevægelse — at der føres fosfat fra en fosfatrig overgrund via planterødderne ned i en fattig undergrund — er dog også mulig.

Af de foregående afsnit fremgår det, at jordvædskens fosfatindhold er meget ringe — 0—1 p.p.m.P. Derfor er den fosfatmængde, der udvaskes fra almindelige jorder gennem drænvand og anden afstrømning, også ubetydelig set fra et landøkonomisk synspunkt. Her i landet udgør afstrømningen mellem 2000 og 4000 tons pr. ha, og deraf kan beregnes, at fosfatudvaskningen er under 1 kg P pr. ha årlig, ofte endog under 0,1 kg P. Analyser af dræn- og grundvand (Westermann 1898) samt undersøgelser over fosfatudvaskningen i kar- og lysimeterforsøg viser tilsvarende ringe udvaskning fra normale jorder (Krügel et al. 1934, Ehrenberg 1938, Wild 1950. Alle tre har referater af mange tidligere arbejder over fosfatnedvaskning og -udvaskning fra jord. Endvidere Iversen 1945).

Dog findes der enkelte jorder, der har så ringe fosfatbindingsevne, at der ved stærk gødskning med superfosfat kan ske en betydende udvaskning. Det drejer sig om sure, ofte husmusholdige sandjorder uden indhold af ler og jern.

Sådanne er fundet i Holland, Florida og i de jydske hedeflader (Vries & Hetterschij 1936, Neller 1947, Dorph-Petersen 1950).

Foruden udvaskningen kan den nedadgående vandbevægelse forårsage en nedvaskning af fosfat, d. v. s. at fosfat opløses i et jordlag og bindes i et dybere. Undersøgelser af forskellig art, f. eks. over fosfatets fordeling ned gennem pløjelaget i gamle fosfatgødede græsmarker, tyder dog på, at nedvaskningen er af ringe landøkonomisk betydning (Stephenson & Chapman 1931, Midgley 1931, Gericke 1932, Gisiger 1933, Krügel et al. 1934, Brown 1935, Franck 1938, Eriksson 1938, Metzger 1939, Schaller 1941, Semb 1941, Semb & Rimeslåtten 1944, McGregor 1953). På tilsvarende måde har laboratorieundersøgelser over fosfatnedvaskningen i jordsøjler vist, at denne er ringe (Greisenigger 1910, Hilbert et al. 1938, Henderson & Jones 1941, Jordan et al. 1952, Larsen 1952).

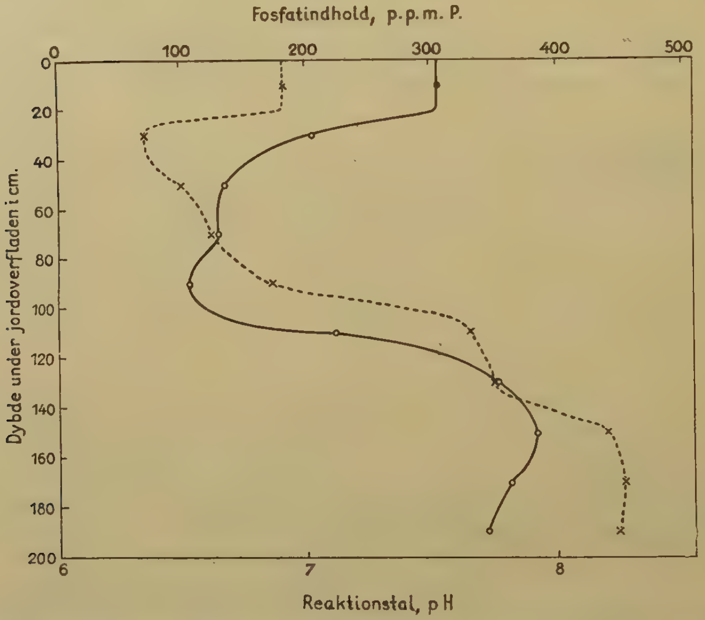


Fig. 8. Fosfatindhold og reaktionstal ned gennem en lerjordsprofil på Askov forsøgsstation. Fosfatindholdet er angivet med fuld streg, pH med punkteret streg.

Selv om man ved disse undersøgelser har vist, at fosfat er relativt ubevægeligt i jorden — d. v. s. at der i en kortere årrække kun kan konstateres ringe ned- og udvaskning — så er fosfat (bl. a. calciumfosfat) geologisk set letopløseligt og derfor bevægeligt, og i århundreders løb sker der da også en bevægelse i jordbundens fosfater. Dette kan bl. a. vises ved at undersøge fosfatindholdet (totalindholdet) i lag ned gennem jordprofiler — ned til 2—5 m. Sådanne undersøgelser viser, at der ofte er en stor variation i de enkelte lags fosfatindhold, og denne variation skyldes sandsynligvis ikke oprindeligt forskelligt fosfatindhold, men derimod bevægelser i fosfatet (Peter 1916, Alway & Clayton 1916, Pearson et al. 1940, Semb & Rimeslåtten 1944, Wiklander & Hallgren 1949, Dorph-Petersen 1949, Mattson et al. 1950 og 1951).

I flere morænelerjorder er der i 30—100 cm's dybde fundet et relativt surt, fosfatfattigt lag, medens undergrundens kalkholdige ler var fosfatrigt — se fig. 8. Det fosfatfattige lag under pløjelaget kan skyldes opadgående transport gennem planter og nedadgående bevægelser forårsaget af vandet, der opløser mere fosfat i dette sure lag end i de over- og underliggende lag med højere reaktion.

I hedejorder findes en stor part af disse jorders ringe fosfatindhold i allaget (Weis 1929), der har højere reaktion end de overliggende lag. Som helhed må man regne med, at fosfat føres væk fra jordlag med lavt pH og udfældes i dybere lag med højere pH.

II. Undersøgelser af jordens fosfatindhold og tilført gødningsfosfat ved hjælp af dyrkningsforsøg.

Det kan indledningsvis nævnes, at dyrkningsforsøg med planter — især markforsøg — er en meget usikker undersøgelsesmetode. Dette skyldes dels den relativt store måleusikkerhed (»forsøgsfejl«), som dyrkningsforsøg altid har på grund af uensartethed i jorden, variation i plantematerialet m. v., men skyldes dog især det forhold, at alle andre vækstfaktorer, ud over den i forsøget prøvede, indvirker på planternes vækst. I forsøg med fosfatgødning — f. eks. superfosfat — vil såvel udbyttet af grundgødet (uden superfosfattilførsel), merudbyttet for superfosfat, som planternes optagelse af fosfat være afhængig af de øvrige vækstfaktorers konstellation. Dette kan illustreres med tal fra forsøg på Lundgaard 1927—46 — gennemsnit af 4-årigt sædskifte (Iversen & Dorph-Petersen 1949).

	Udbytte, hkg f.e. pr. ha		Afgrødernes optagelse kg P pr. ha	
Grundgødn.	uden supf.	med supf.	uden supf.	med supf.
Ingen	13.1	14.4	4.1	5.0
Kali	16.9	21.0	5.4	7.3
Kvælstof	20.4	22.4	6.7	8.4
Kvælst. + kali	24.3	34.6	6.8	10.7

Det er med rette fremhævet, at planternes optagelse af fosfat (og tilsvarende gælder de fleste andre stoffer) er resultatet af et sammenspil af de fysisk-kemiske kræfter, der påvirker fosfat i jorden og de fysiologiske forhold i planterne. I nærværende afsnit vil der hovedsagelig blive set på det samlede resultat af dette sammenspil, men analysering af dets enkeltprocesser vil dog blive forsøgt nu og da.

Uden at gå i enkeltheder skal der kort refereres lidt om selve optagelsesprocessen.

Under naturlige forhold optager planterne kun fosfat gennem rødderne, rodhårene, men de kan optage fosfat gennem bladene, når en opløsning deraf sprøjtes på planterne (Oliver 1952).

Optagelsen sker normalt i form af ortofosfationer (hovedsagelig $H_2PO_4^{\div}$). Desuden optages meta- og pyrofosfater, samt simple organiske fosforforbindelser (Allison et al. 1941), medens lavere iltningsgrader, såsom fosfiter og hypofosfiter ikke optages.

Optagelsen af fosfationer sker med jordvædsken som mellemled, d. v. s. at faste fosfater må opløses og passere gennem vand til rodhårene — evt. kun et lag af få molekylers tykkelse (Dean & Rubins 1945). Der kan skelnes mellem følgende faser i optagelsen: 1. opløsning af jordfosfat. 2. diffusion af fosfat gennem jordvædsken. 3. adsorption af fosfationer på rodhårenes yderside. 4. passage gennem rodhårenes cellevæg. 5. transport af fosfat til andre dele af planten. 6. opbygning i organiske fosforforbindelser.

Opløsningen — herunder anionombytningen — af jordfosfaterne er omtalt i foregående hovedafsnit. Om diffusion af fosfat i jordvædsken skal kun nævnes, at dens hastighed (i m pr. tidsenhed) er afhængig af koncentrationsforskellen og er ofte ringe. Rodhårenes ydre cellevægge er ampholytiske kolloider, d. v. s., at de adsorberer såvel kationer som anioner. Deres evne til at adsorbere fosfationer afhænger af mange forhold f. eks. kationbelægningen, hvorfor tilførsel af neutralsalte kan ændre fosfatoptagelsen ved at ændre cellevæggenes ampholytiske egenskaber (Mattson et al. 1949).

Selve fosfatoptagelsen gennem cellevægge er en aktiv, energikrævende proces. Derfor afhænger optagelseshastigheden af rodens tilstand — livsfunktioner — og ikke af den omgivne vædskes fosfatkoncentration. Når man alligevel i forsøg finder, at trinsvis stigende fosfattilskud — og dermed stigende fosfatkoncentration i jordvædsken — medfører stigende fosfatoptagelse i planterne, skyldes dette ikke, at optagelseshastigheden afhænger af fosfatkoncentrationen, men derimod, at diffusionen af fosfat hen til rødderne er den begrænsende enkeltproces, og dens hastighed er afhængig af fosfatkoncentrationen. Rigtigheden af dette er vist i vandkulturer med stadigt omrørt næringsvædske, hvor diffusionen således er elimineret, og da er optagelseshastigheden uafhængig af fosfatkoncentrationen (Olsen 1950).

Fosforets vandringer i planterne foregår ret hurtigt, og fosfor er ikke stationært i planterne, men bevæges stadigt rundt deri (Hevesy et al. 1936 og 1937). Fosfatets opbygning i organiske forbindelser er livsprocesser af ret ukendt natur. Det kan endvidere nævnes, at der kan gå fosfat fra planterødderne ud i jorden, og at planterne kan afgive lidt fosfat ved udsvedning fra bladene (Achromeiko 1936).

Fosfatoptagelsen er uafhængig af vandoptagelsen. At planterne ikke simpelthen optager jordvædsken med det deri værende fosfat ses af følgende lille kalkulè. Pr. kg produceret tørstof optager planterne 300—400 kg vand og 800—4000 mg P, d. v. s. 2—10 mg pr. kg vand. Men jordvædsken indeholder sjældent 1 mg P pr. kg, oftest kun 0,1—0,2, og der er iagttaget gode afgrøder på jord med 0,03—0,06 mg P pr. kg jordvædske

(Tidmore 1930). Det må derfor antages, at planterne stadig nedsætter jordvædskens fosfatindhold, medens de foran omtalte ligevægtsprocesser søger at genoprette dette indhold. Det må dog fremhæves, at planterne sandsynligvis øver en betydelig virkning på opløsningen af jordfosfaterne ved at ændre på ligevægtstilstanden i jord-vædske-systemet. I denne henseende er roddernes CO_2-produktion den vigtigste faktor. Ved dannelse af HCO_3^- og H^+ nedsættes jordens pH og mest lige omkring rodhårene. Denne pH-nedsættelse kan ikke måles, men det må antages, at pH kan nedsættes til omkring 4 i røddernes umiddelbare nærhed, hvis jordens stødpudevirkning (især calciumkarbonatindhold) ikke er for stor (Burd 1947 og 1948). Af foregående afsnit vil det fremgå, at en sådan pH-sænkning oftest vil medføre højere fosfatindhold i jordvædsken. Endvidere må man regne med, at de ved CO_2-produktionen dannede $HCO_3^{\div}$ anioner i nogen grad fortrænger fosfationer fra jordkolloiderne.

Det er muligt, at planterødderne udskiller forskellige organiske syrer, der på tilsvarende måde fremmer jordfosfaternes opløsning.

Desuden kan planternes optagelse eller binding af andre ioner, især calcium, ændre jordvædskens sammensætning og dermed ligevægten mellem fosfater og jordvædske, således at der opløses mere fosfat.

Igennem vækstperioden følges fosfatoptagelsen ret nøje med tilvæksten af tørstof, medens f. eks. optagelsen af nitrat og kalium er »forud for væksten«, således at de unge planter har højere procentisk indhold af kvælstof og kalium end de ældre (Italie 1937). Denne senere optagelse af fosfat kan skyldes, at røddernes CO_2-udvikling er af afgørende betydning for fosfatfrigørelsen og optagelsen, således at tilvækst, CO_2-udvikling og fosfatoptagelse er nøje forbundet.

Jordens mikroflora har sandsynligvis stor betydning for de højere planters fosfatoptagelse, og dette skyldes antagelig mikroorganismernes CO_2-produktion. Det er således vist, at planter i sterile kulturer optager mindre af tungtopløselige fosfater end i samme voksemedium med mikroorganismer (Gerretsen 1948). For planter med mykorrhiza (svamperod) er det vist, at svampehyferne optager fosfat til den højere plante (Melin & Nilsson 1950).

Med disse mere plantefysiologisk prægede data som baggrund skal der i det følgende fremdrages en del resultater fra mark- og karforsøg, som kan tjene til at belyse den samlede proces ved planternes optagelse af fosfat.

1. Tilgængeligt fosfat i jorden.

Gennem bestemmelse af afgrødernes fosforindhold, der for danske afgrøder er af størrelsesordenen 8—40 kg P pr. ha (som middel kan regnes 16 kg P pr. ha), er det mange gange fastslået, at der i een afgrøde kun optages en lille part af jordens fosforindhold — dette er i danske jorder omkring 1000 kg P i pløjelaget (se side 556). Selv af det syreopløselige, uorganiske fosfat optages der kun få procent i hver afgrøde. Dette ses af følgende resultater fra mangeårige forsøg (Iversen & Dorph-Petersen 1949 og 1951).

Forsøgssted	Jordfosfat opl. i 0.2 n H_2SO_4 kg P pr. ha i pløjelaget	Årlig optagelse i afgrøderne, kg P pr. ha
Askov Lermark..........	297	15.2
Askov Sandmark.........	446	16.2
Lundgaard..............	332	10.7
Tylstrup................	673	16.2

Selv på jord, hvor forsøg har dokumenteret, at afgrøderne lider af fosfatmangel — d. v. s. at gødskning med fosfat giver udbytteforøgelse — er optagelsen i een afgrøde kun få procent af jordens fosfatindhold eller af dens indhold af uorganiske fosfater. Deraf kan sluttes, at optagelsen højst kan blive denne lille part. Ikke desto mindre kan man på en sådan jord år efter år dyrke afgrøder uden fosfattilførsel, og selv om hver afgrøde optager så meget fosfat, som den kan, så får den følgende afgrøde tilsyneladende ligeså meget fosfat.

Tilsvarende forhold gælder for de fleste plantenæringsstoffer, men alligevel må man ud fra de foreliggende forsøgsdata antage, at f. eks. kvælstof og fosfat har vidt forskellig virkemåde, og derfor bliver gødskningens teori for disse to stoffer forskellig.

Der skal her anvendes en ofte fremsat teori om jord- og gødningsfosfaternes forhold overfor planterne, og i det følgende vil denne teori's rigtighed blive sandsynliggjort gennem forsøgsresultater.

Først antages, at jordens fosforindhold kan deles i en utilgængelig og en tilgængelig part. Ved tilgængeligt fosfat forstås her hele den mængde fosfat, der kan optages uden anden kemisk omdannelse end opløsning og som er beliggende således, at den kan opløses og optages. Med andre ord hele den mængde fosfat, der er bestemmende for afgrødens størrelse.

Det må endvidere antages, at planternes optagelse af det tilgængelige fosfat er en så langsomt forløbende proces, at kun en lille part deraf kan optages i een afgrøde. Den brøkdel af det tilgængelige fosfat, der optages i een afgrøde betegnes som optagelseskoefficienten. Optagelsen i en afgrøde bliver da = mængden af tilgængeligt fosfat × optagelseskoefficienten.

(Tilsvarende teori er fremsat gentagne gange tidligere bl. a. af Bondorff 1930 og 1952 — der dog foruden »tilgængeligt fosfat« bruger betegnelsen »aktivt« eller »effektivt« fosfat. På engelsk bruges betegnelsen »available phosphorus« skiftevis om de her anvendte begreber »tilgængeligt fosfat« og »fosfattilstand«).

Undersøgelser over planternes optagelse af jordens fosforindhold alene giver ingen holdepunkter for vurderingen af størrelsesordenen for mængden af tilgængeligt fosfat og optagelseskoefficienten. Ud fra resultater af forsøg med fosfatgødning og da især med gødning indeholdende mærket fosfat (den radioaktive isotop, P^{32}) sammenholdt med de i afsnit I omtalte jordbundskemiske resultater må det antages, at det tilgængelige fosfat ofte udgør en stor part — op til halvdelen — af jordens samlede fosforindhold, medens optagelseskoefficienten er meget lille — af størrelsesorden 0,02—0,10.

Til underbygning af denne teori skal foreløbig anføres følgende. I forsøg med stigende tilskud af superfosfat kan man ved hjælp af en af de kendte ligninger for udbyttekurven beregne, hvor meget fosfat — af samme optagelighed som superfosfat — udbyttet på grundgødet svarer til d. v. s. man beregner, hvor meget »superfosfat«, der skulle »fjernes fra jorden« for at give udbytte nul. Selv om en sådan ekstrapolation må tages med forbehold — resultatet er blandt andet afhængig af, hvilken udbytteligning man anvender — så giver resultater af sådanne beregninger dog en forestilling om størrelsesordenen. For normale dyrkningsjorder finder man, at der til udbyttet på grundgødet svarer en fosfatmængde ækvivalent med 1000—5000 kg superfosfat pr. ha, selv om denne afgrøde kun indeholder fosfat svarende til 200—300 kg superfosfat (Bondorff 1930). For meget fosfatfattige jorder — som den senere omtalte jord på Borris Nørrehede (se side 597), svarer udbyttet af grundgødet til få hundrede kg superfosfat pr. ha, men her skal der også tilføres 2000—4000 kg superfosfat pr. ha, før man kan opnå et antageligt udbytteniveau. Man kommer ad denne vej til det resultat, at for at få fuldt udbytte må jorderne indeholde en fosfatmængde, der reagerer på samme måde som 1000—5000 kg superfosfat, eller denne gødningsmængde må tilføres. Men i begge tilfælde optager afgrøderne kun fosfat svarende til 200—300 kg superfosfat.

Efter den her anførte definition for tilgængeligt fosfat, må organiske fosforforbindelser (undtagen lidt vandopløseligt organisk fosfor, der måske kan optages uden mineralisering) samt silikatbundet eller silikatomgivet fosfor henregnes til den utilgængelige part, medens alle fosfater, der deltager i ligevægtsprocessen i jord-vædske-systemet kan henregnes til den tilgængelige part (Damsgaard-Sørensen 1945). Endvider udelukker definitionen også alt fosfat beliggende udenfor rodzonen fra mængden af tilgængeligt fosfat. Dog bør det noteres, at selv eenårige planter kan hente fosfat op fra indtil en meters dybde (Behrens 1934).

Den tilgængelige mængde fosfat er sandsynligvis ikke homogen, men består tværtimod af fraktioner med vidt forskellige optagelseskoefficienter. Dog vil der for overskuelighedens skyld tales om een optagelseskoefficient og om ændring af denne, selv om en sådan ændring i reglen skyldes, at fosfat omlejres fra en fraktion til en anden med anderledes optagelseskoefficient.

Ved mineraliseringen af organiske fosforforbindelser og forvitring kan der overføres fosfor fra den utilgængelige til den tilgængelige del, og derfor er mængden af tilgængeligt fosfat i en jord ikke helt konstant. Dog betyder det næppe meget i almindelige jorder, hvor mineraliseringen kun er nogle få kg P årlig pr. ha, og der er 100—500 kg tilgængeligt fosfat i pløjelaget (se side 560). For humusjorder under stærk omsætning, på grund af opdyrkning og kalkning, kan mineraliseringen af organisk fosfor øge mængden af tilgængeligt fosfat kendeligt. Tilsvarende gælder for nogle nyopdyrkede tropejorder, hvor tilførsel af tilgængeligt fosfat ad denne vej har stor betydning for afgrødernes fosfatforsyning (Marel 1947). Dannelsen af tilgængeligt fosfat ved forvitring må anses for aldeles ubetydelig.

2. Optagelsen af vandopløseligt gødningsfosfat.

Mange mark- og karforsøg har vist, at meroptagelsen for vandopløseligt fosfatgødning — superfosfat — i een afgrøde kun udgør 5—25 pct. af gødningens fosfatindhold, selv om der er fosfatmangel i det gødede forsøgsled, d. v. s. at yderligere tilskud giver merudbytte. (Meroptagelse = optagelse på fosfatgødet jord ÷ optagelse på grundgødet).

Dette kan illustreres af følgende sammendrag. (Forsøgene, men ikke de her anførte tal, er omtalt af Iversen & Dorph-Petersen 1948, Dorph-Petersen 1953).

	kg superfosfat pr. ha			
Lundgaard 1940, kålroer.	0	200	2000	4000
Udbytte, hkg tørstof pr. ha, rod + top	107.6	109.2	114.6	119.3
Fosfatoptagelse, kg P pr. ha	19.6	23.8	37.4	42.9
Meroptagelse i % af tilførsel	—	26	11	7
Askov 1942, runkelroer.				
Udbytte, hkg tørstof pr. ha, rod + top	110.6	117.0	122.1	125.4
Fosfatoptagelse, kg P pr. ha	18.3	21.5	32.0	39.7
Meroptagelse i % af tilførsel	—	20	9	6
Jyndevad 1944, kålroer (4000 kg kalk).				
Udbytte, hkg tørstof pr. ha, rod + top	27.7	37.5	53.4	—
Fosfatoptagelse, kg P pr. ha	7.4	8.9	22.8	—
Meroptagelse i % af tilførsel	—	10	10	—

I alle tre forsøg har der været fosfatmangel selv efter tilførsel af 200 kg superfosfat, og alligevel udgør meroptagelsen her kun 10—26 pct. af det tilførte fosfat. I korn er meroptagelsen i reglen endnu lavere, oftest under 10 pct. af gødningens indhold.

I forsøg, hvor der kun måles merudbyttet for superfosfat, men ikke meroptagelsen, da afgrødeanalyser mangler, kan man ud fra normalindholdet af fosfat i de forskellige afgrøder skønne sig til meroptagelsen. Selv i forsøg med stigende superfosfatmængder, der medfører stigende udbytte, finder man oftest, at merudbyttet for det første tilskud er så lille, at det kan forklares ud fra en meroptagelse på 10—20 pct.

Det kan derfor fastslås, at der første år efter tilførsel af superfosfat kun optages 5—25 pct. af dets fosfat — som norm kan regnes med 10 pct.

Dette er dog langtfra den totale virkning af gødskning med superfosfat, thi adskillige forsøg viser, at tilførsel af superfosfat i et eller få år kan give merudbytte og meroptagelse i 5—10 år (Bushnell 1941, Ware et al. 1942, Iversen 1942, Volk 1945, Iversen & Dorph-Petersen 1948, Dorph-Petersen 1953, endvidere mange lokale forsøg med store mængder superfosfat siden 1943). Som eksempel kan henvises til efterfølgende udbyttetal fra Borris Nørrehede, der viser, at virkningen af 2000 og 4000 kg superfosfat pr. ha givet 1940 stadig er tydelig i 1946. Iøvrigt var der stort merudbytte endnu i 1953.

Hvor man som forsøgsgødning har anvendt 100—200 kg superfosfat pr. ha årlig, kan man i enkelte forsøg konstatere, at merudbyttet og meroptagelsen stiger med årene. Som eksempel herpå kan anføres udbyttet af kærne i vårsæd i ovennævnte forsøg på nyopdyrket hedejord på Borris Nørrehede (Iversen & Dorph-Petersen 1948).

	Udbytte i hkg kærne pr. ha				
kg superfosfat pr. ha:	0	100 årlig	200 årlig	2000 1940	4000 1940
1940, havre	1.4	2.2	2.7	14.6	15.0
1941, —	1.6	5.3	7.9	14.3	15.7
1942, —	9.7	20.3	28.2	34.4	34.8
1943, —	6.0	17.5	26.6	30.8	34.5
1944, byg	11.5	23.6	29.9	31.6	33.0
1945 —	5.8	21.7	31.9	30.8	39.4
1946, havre	8.9	18.9	26.4	27.8	24.3

Medregnet de uundgåelige variationer, som vejrliget giver, kan der læses følgende af disse tal. På grundgødet stiger udbyttet gennem årene — antagelig en følge af kalkning 1940. 2000 og 4000 kg superfosfat pr. ha giver stort merudbytte alle år, dog således, at merudbyttet for 2000 efterhånden bliver mindre end for 4000. 100 og 200 kg superfosfat årlig giver med årene stigende merudbytte, og dette kan være et udtryk for, at det enkelte års merudbytte er en sum af virkningen af årets fosfattilførsel + eftervirkning af tidligere års gødskning.

Rodfrugterne i samme forsøg og de øvrige forsøg efter samme plan (Lundgaard, Askov og Studsgaard) giver lidt mere uregelmæssige resultater, men antyder dog en tilsvarende stigning i merudbyttet for 100 og 200 kg superfosfat pr. ha årlig. I disse forsøg har 2000 og 4000 kg superfosfat pr. ha i anlægsåret givet stort merudbytte i alle forsøgsår.

Hvis merudbyttet og meroptagelsen for 100—200 kg superfosfat årlig skyldes en opsummering af virkning og eftervirkning, måtte man vente, at meroptagelsen beregnet i procent af den årlige tilførsel skulle stige mod 100 i løbet af en tilstrækkelig lang årrække. Resultaterne af de mangeårige forsøg med staldgødning og kunstgødning tyder også på noget sådant, således som det ses af følgende sammendrag omfattende forsøgsleddene ½ og 1 kunstgødning.

		Meroptagelse i pct. af årlig tilførsel		
Forsøgssted	Forsøgsår	½ gødning	1 gødning	
Lundgaard	1— 4	15	13	Iversen 1941
do.	5— 8	22	18	
Lundgaard	5—12	41	29	Iversen & Dorph-Petersen 1949
Tylstrup	5—16	50	39	
Lyngby	15—17	64	43	Dorph-Petersen 1946
Askov Lermark	38—54	67	61	Iversen & Dorph-Petersen 1951
Askov Sandmark	38—54	85	61	

Jo senere i forsøgsperioden optagelsen er målt, desto større er meroptagelsen i pct. af den årlige tilførsel.

Det ses endvidere, at meroptagelsen i procent af tilførslen aftager med tiltagende gødningsmængde, hvilket er en almindelig erfaring fra forsøg med stigende mængder superfosfat (se også side 596). Dette forhold udtrykkes ofte på den måde, at optagelsen af fosfat er en krumliniet funktion af tilførslen, medens optagelsen af nitrat indenfor ret store gødningsmængder er en retliniet funktion af tilførslen (Lohse 1930).

De her nævnte forhold — lille meroptagelse af fosfat i første år, men virkning igennem en lang årrække samt opsummering af virkning og eftervirkning ved årlige tilførsler — kan forklares ud fra den foran omtalte teori om fosforets forhold i jorden — stor mængde tilgængeligt fosfat med lav optagelseskoefficient — når man dertil antager, at vandopløseligt gødningsfosfat simpelthen indgår i det tilgængelige fosfat og virker ligesom dette.

I faglitteraturen tales der i denne forbindelse ofte om, at gødningsfosfat »bindes i jorden«, og at den årlige optagelse derfor er ringe. Da man tilmed ofte samtidig anvender betegnelsen »binding« om den rent kemiske proces (vandring af fosfat fra flydende til fast fase), som her defineres som binding, er udtrykket »binding« i forbindelse med planternes optagelse uheldig. Antagelig skyldes fosfatgødnings lave optagelseskoefficient, at fosfatet bindes kemisk i jorden, men vi ved det ikke, og da planterne er aktive partnere i optagelsesprocessen — se bl. a. om arternes forskellige optagelse side 615 — er det indtil videre uhensigtsmæssigt at sætte lighedstegn mellem kemisk binding af fosfat og lav optagelsesprocent, thi man vil da nemt ved rent sproglige midler få en forestilling om en kendsgerning, hvor man kun har et problem.

Her anvendes derfor betegnelsen, at gødningsfosfat har lav optagelseskoefficient, men der fremdrages stadig forhold, som tyder på, at optagelse og kemisk binding har nær forbindelse med hinanden.

I de senere år har man opnået værdifuldt kendskab til jord- og gødningsfosfaternes virkemåde gennem anvendelse af den moderne isotopteknik, idet der i forsøg anvendes gødning indeholdende den radioaktive fosforisotop, P^{32}, også kaldet mærket fosfat. Teknikken i disse forsøg er i korthed følgende: I den anvendte forsøgsgødning indblandes en lille kendt mængde P^{32} i samme kemiske forbindelse som det øvrige fosfat. I den høstede afgrøde bestemmes såvel den totale fosfatmængde som mængden af P^{32}. På grundlag af udbyttet og disse analyser kan beregnes, hvor stort part af afgrødens fosforindhold, der stammer fra gødningen, og hvor meget der er optaget fra jordens fosforindhold. (Om isotopteknik kan iøvrigt henvises til Hendricks & Dean 1948, Jansson 1948, Larsen 1949, 1950 og 1951, Frederiksson 1950, Sanengen 1950).

Ud fra den efterhånden anselige mængde forsøg med mærket fosfat kan der drages følgende hovedlinjer.

Selv om der i gødning tilføres 1—4 gange afgrødens fosforforbrug, optager planterne fosfat fra såvel jord som gødning.

Med samme mængde fosfatgødning (200—400 kg superfosfat pr. ha) anvendt på forskellige jorder bliver kvotienten, fosfat optaget fra jord: fosfat optaget fra gødning, afhængig af jordernes fosforindhold, således at den er mindst (omkring 1) på jorder, hvor afgrøderne lider af fosformangel og størst (op til 10) på jorder, der kan give fuld afgrøde uden fosfatgødning.

Ved tilførsel af stigende mængder mærket fosfatgødning til een jord aftager nævnte kvotient, idet optagelsen fra jorden stiger lidt ved første gødningstilskud og er derefter konstant eller lidt aftagende ved større tilskud, medens optagelsen fra gødningen stiger med stigende tilskud (dog ikke retliniet).

Gennem vækstperioden tiltager kvotienten, fosfat optaget fra jord: fosfat optaget fra gødning, noget, hvilket viser, at de unge planter fortrinsvis henter deres fosfat fra gødningen, medens de senere udnytter jordfosfaterne i højere grad, måske fordi rødderne da går dybere end det gødede lag.

Dette kan dog også skyldes, at frisk tilført, vandopløseligt fosfat har lidt højere optagelseskoefficient end jordfosfaterne, men at gødningsfosfatets optagelseskoefficient aftager efterhånden. (Vedrørende disse forhold henvises til Ballard & Dean 1941, Dean et al. 1948, Spinks et al. 1947 og 1948, Nelson et al. 1948 og 1949, Hendricks & Dean 1948 og 1950, Blaser & McAuliffer 1949, Fried & Mac Kenzie 1950, Hall et al. 1949, Jacob et al. 1949, Krantz et al. 1949, Olsen & Gardner 1949, Stanford & Nelson

1949, Welch et al. 1950, Frederiksson & Wiklander 1950, Jordan et al. 1952, Prince 1953, Kapp et al. 1953, Neller 1953).

Disse resultater er forståelige, hvis man antager, at det tilførte (mærkede) gødningsfosfat i jorden »blandes« med en i mange jorder ret stor mængde tilgængeligt fosfat med nogenlunde samme lave optagelseskoefficient som gødningsfosfatet; dog således, at gødningsfosfatet en tid — dage eller måneder — kan have noget større optagelseskoefficient end det øvrige tilgængelige fosfat. D. v. s., at med sidstnævnte forbehold bekræfter disse forsøg den her anvendte teori, der siger, at dyrkningsjorder indeholder ret store mængder plantetilgængeligt fosfat (varierende fra jord til jord) med lav optagelseskoefficient og at tilført gødningsfosfat indgår i mængden af tilgængeligt fosfat.

Ved hjælp af forsøg med mærket fosfat kan man ud fra den tilførte fosfatmængde og den gennem afgrødeanalyser bestemte kvotient, fosfat optaget fra jord: fosfat optaget fra gødning, beregne, hvor stor mængde tilgængeligt fosfat, der oprindeligt var i jorden (Larsen 1950 og 1952, Fried & Dean 1952, Rubins 1953). Ad denne vej kan det vises, at selv i jorder, hvor afgrøderne lider af fosfatmangel, er mængden af tilgængeligt fosfat af en størrelsesorden som 5—10 gange afgrødernes årlige behov, og i fosfatrige jorder svarer mængden af tilgængeligt fosfat til 5—10 t superfosfat pr. ha.

Det er flere gange nævnt, at man antager, at tilført vandopløseligt gødningsfosfat indgår i mængden af tilgængeligt fosfat og efter nogen tid får samme lave optagelseskoefficient som dette. En sådan antagelse stemmer således særdeles vel med de i afsnit I omtalte erfaringer vedrørende kemisk binding af fosfat i jord. Når man betænker, at mængden af tilgængeligt fosfat sandsynligvis består af en række fraktioner med forskellige optagelseskoefficienter, er det et spørgsmål, om der i jorden ikke kan ske omlejringer af gødningsfosfatet (se side 568) således at dets optagelseskoefficient aftager mod nul. Endvidere om gødningsfosfat tilført i vandopløselig form efterhånden kan overføres i utilgængelig form. Med andre ord, vil planterne i løbet af en årrække kunne optage hele den tilførte mængde fosfat, eller vil der normalt forblive en rest i jorden?

Ud fra de kemiske erfaringer om fosfat i jorden, må man indrømme, at overgang fra tilgængeligt til utilgængeligt fosfat er mulig. Dels kan uorganisk gødningsfosfat overføres i utilgængelige organiske forbindelser, og selv om dette må anses for ret unormalt (se side 560), så sker det antagelig alligevel ved stærk gødskning af fosfatfattig jord — flere forhold tyder på en sådan biologisk binding i et forsøg på Trinderup (Dorph-Petersen 1953, endvidere Ware et al. 1942). Endvidere er der mulighed for, at gødningsfosfat gennem adsorption og absorption efterhånden indlejres således i kolloider og partikler, at dets optagelseskoefficient bliver nær nul, og fosfatet dermed bliver nærmest utilgængeligt.

Gennem dyrkningsforsøg er det meget vanskeligt eller nærmest umuligt med fuld sikkerhed at fastslå, om al gødningsfosfat optages efterhånden, eller der normalt sker et vist »tab«, fordi fosfatet bliver utilgængeligt eller efterhånden får en meget lav optagelseskoefficient, »bliver tungere tilgængeligt«.

Det skal påpeges, at dette »tab« ved anvendelse af fosfatgødning omtales gang på gang i faglitteraturen, uden at det dog defineres, hvad der menes, eller at dette »tabs« normale tilstedeværelse dokumenteres. I reglen drejer det sig tilsyneladende om misforståelser af den normale lave optagelseskofficient i første år, som jo ser meget »tabsgivende« ud, hvis man ser bort fra fosfatets mangeårige eftervirkning.

Ud fra sit kendskab til danske forsøg, er det forfatterens opfattelse, at i normale danske landbrugsjorder sker der intet eller ringe »tab« af vandopløseligt gødningsfosfat ved overgang til utilgængelige former, og at man derfor kan påregne total optagelse af tilført fosfat i sum af en lang (teoretisk uendelig) række afgrøder.

På den anden side kan man ikke benægte, at et sådant »tab« er muligt og uundgåeligt på fosfatfattige jorder. Endvidere vil ændring i flere af de forhold, der påvirker optagelseskoefficienten (især ændring af jordens reaktion i sur retning) kunne komme til at se ud som en overgang af tilgængeligt fosfat til utilgængeligt (se side 613).

Denne opfattelse — at der normalt ikke sker et »tab« af tilført fosfat — begrundes med følgende forsøgsresultater.

I en række forsøg på jorder med mere eller mindre fosfatmangel i afgrøderne er der i 1940—44 givet store mængder superfosfat — 2000—4000 kg pr. ha ad en gang (Iversen & Dorph-Petersen 1948, Dorph-Petersen 1953). I alle forsøgene har denne eengangsdosis givet tydelig virkning i 5—10 år (se side 598), og nedgangen i merudbyttets størrelse gennem årene er med en enkelt undtagelse (sukkerroer på Trinderup) ikke større, end den kan forklares ud fra afgrødernes optagelse af gødningsfosfat. Forholdet mellem merudbyttet af eengangsdosis på 2000 kg superfosfat pr. ha og årlig tilførsel af 200 kg superfosfat har været, som dette måtte ventes under forudsætning af, at fosfatet forbliver tilgængeligt og har en optagelseskoefficient på 0,1—0,2, idet den store eengangsdosis giver størst udbytte de første år, men »indhentes« af forsøgsleddet 200 kg superfosfat årlig i 4.—8. år, hvorefter sidstnævnte led giver størst udbytte (se side 597).

Mange lokale forsøg med sammenligning mellem 1000 kg superfosfat første år og 200 kg årlig viser, at i gennemsnit af 5 år giver disse to forsøgsled praktisk taget ens merudbytte (de provinsielle planteavlsberetninger 1950—52). Dette må betyde, at der ikke er væsentlig forskel på superfosfatets optagelseskoefficient i de første 5 år.

Hvis der ikke sker en omlejring til utilgængeligt fosfat — eller optagelseskoefficienten stadig aftager — skulle en jord, der lige har tilgængeligt fosfat nok til at dække afgrødernes behov, kunne bibeholde denne tilstand, blot der tilføres ligeså meget fosfat i gødning, som der bortføres i afgrøderne.

Der foreligger resultater fra en række 16—24 årige forsøg, i hvilken man i staldgødning har givet samme mængde eller noget mindre fosfat, end afgrøderne kan beregnes at indeholde. Da der ikke er afgrødeanalyser i alle forsøg, er denne beregning kun nogenlunde. I flere af disse forsøg er der intet eller ringe merudbytte for superfosfat givet som tilskud til staldgødning, medens der uden staldgødning er tydeligt merudbytte for superfosfat. D. v. s. at jorden alene ikke kan dække afgrødernes fosfatbehov, men jord + staldgødning kan (Iversen 1943 og 1946 samt endnu ikke offentliggjorte beretninger om samme forsøg).

I de nu 60 år gamle forsøg på Askov Lermark tilføres der (1923—48) i forsøgsled »1 kunstgødning« gennemsnitlig 216 kg superfosfat pr. ha og efter 12 års afgrødeanalyser bortfører afgrøderne omtrent samme mængde fosfat (Iversen & Dorph-Petersen 1951). Af udbyttetallene er der intet, der tyder på, at denne »erstatningsdrift« har medført fosfatmangel — der høstes 4690 f. e. pr. ha i gens. af en 4-årig rotation. Da samme mængder kvælstof og kali, men uden superfosfat (prøvet fra 1935), i løbet af få år giver udbyttenedgang i forhold til »1 kunstgødning«, kan jordens fosfatindhold ikke alene opretholde udbyttet, hvorfor det indtil nu ikke aftagende udbytte på »1 kunstgødning« kan tages som udtryk for, at en årlig tilførsel af størrelsesorden som bortførselen kan vedligeholde jordens beholdning af tilgængeligt fosfat. Og dermed ses det indirekte, at der ikke her er sket et væsentligt »tab« af tilgængeligt fosfat ved overgang til utilgængeligt.

I flere af de andre langvarige forsøg — Askov Sandmark, Lyngby, Lundgaard, Tylstrup og Studsgaard — er der forsøgsled, hvor tilførsel og bortførsel af fosfat er nær ens, uden at det har medført tydelig fosfatmangel. Dog må bemærkes, at et par af disse jorder er tydelig fosfatrige — Askov Sandmark og Tylstrup.

Det skal indrømmes, at på dette særdeles vigtige punkt — total virkning af tilført gødningsfosfat eller fastlægning af en part deraf i utilgængelig form — giver vore forsøg ikke noget absolut sikkert svar, men forfatteren finder, at den totale virkning er overvejende sandsynlig og har kun set få forsøgsresultater, der tyder på et »tab« af tilført fosfat.

Det må tilføjes, at et »tab« af fosfat ved permanent fastlægning i utilgængelige former kun kan tænkes i fosfatfattige jorder, der gødes stærkt med fosfat og kan ikke være en normal foreteelse i alle jorder. Thi var det således, at blot een procent af det fosfat, der tilføres jorden i kunstgødning, staldgødning eller planterester, altid blev overført i absolut permanente utilgængelige former, så ville vi aldrig have haft mulighed for at konstatere det, for så ville alt fosfat være blevet utilgængeligt for årmillioner siden og dermed al plantevækst på landjord ophørt.

Vel vidende, at der herved foretages en utilstedelig simplificering af komplicerede forhold, skal der her med nogle simple taleksempler vises, hvorledes den anvendte teori om fosfatets tilgængelighed vil virke rent regnemæssigt (tilsvarende anvendt af Dorph-Petersen 1942).

Hvis afgrøderne hvert år har et behov på 100 enheder P og optagelseskoefficienten er 0,10, må den tilgængelige mængde fosfat i jorden hvert forår være 1000 enheder P, for at dette behov kan dækkes. Er der mindre, må hele den manglende mængde tilføres i gødning, og denne forøgelse af mængden af tilgængeligt fosfat kan ske ved en eengangsdosis af hele den manglende mængde, men sker også blot ved at tilføre en årlig mængde = det normale forbrug — her 100 enheder P. Dette ses nemmest ved at betragte opgødskningen af en jord, der er helt uden tilgængeligt fosfat. Med en årlig tilførsel på 100 enheder P og optagelseskoeffient 0,10 fås følgende — alt i P-enheder.

År	Tilførsel	Rest fra tidligere år	Ialt tilgængeligt	Optagelse
1.................	100	0	100	10
2.................	100	90	190	19
3.................	100	171	271	27
4.................	100	244	344	34
5.................	100	310	410	41
6.................	100	369	469	47
7.................	100	422	522	52
8.................	100	470	570	57
∞.................	100	900	1000	100

Havde afgrødernes behov været større end den årlige tilførsel, ville billedet blive det samme, men optagelsen nåede aldrig at dække behovet.

Med en tilførsel lig med eller mindre end forbruget, opnår man efter mange år (teoretisk uendelig mange), at mængden af tilgængeligt fosfat bliver = tilførsel : optagelseskoefficienten, og at optagelsen bliver konstant fra år til år.

Gøres den årlige tilførsel større end afgrødernes behov, får man følgende billede:

År	Tilførsel	Rest fra tidligere år	Ialt tilgængeligt	Optagelse behov = 100
1.	200	0	200	20
2.	200	180	380	38
3.	200	342	542	54
4.	200	488	688	69
5.	200	619	819	82
6.	200	737	937	94
7.	200	843	1043	100
8.	200	943	1143	100
∞.	200	∞	∞	100

Her bliver optagelsen — bestemt af behovet — ret hurtigt konstant, medens mængden af tilgængeligt fosfat i jorden stadig stiger.

Når der tages hensyn til årsvariationen m. v. og man erindrer sig, at fosfatforbruget ved lavt udbytteniveau ligger mellem indholdet i 100 og 200 kg superfosfat, kan udbyttetallene for 100 og 200 kg superfosfat årlig i forsøget på Borris Nørrehede (se side 597) godt forklares ud fra ovenstående regneeksempler.

Med et forbrug på 100 enheder P og optagelseskoefficient på 0,1 vil en jord, der indeholder 1000 enheder P i tilgængelig form kunne dække afgrødernes behov, når der årlig tilføres 100 enheder P i gødning. Gives mindre end 100 enheder i gødning, vil optagelsen aftage med årene — stærkere jo større underskuddet er. Dette ses af følgende eksempel:

	Optagelse ved årlig tilførsel, enheder P.					
	0	20	40	60	80	100
1. år.	100	100	100	100	100	100
2. år.	90	92	94	96	98	100
3. år.	81	85	89	92	96	100
4. år.	73	78	84	89	95	100
5. år.	66	73	79	86	93	100
6. år.	59	67	75	84	92	100
7. år.	53	63	72	81	91	100
8. år.	48	58	69	79	90	100
∞.	0	0	0	0	0	100

Af dette og førstnævnte eksempel ses, at i et forsøg, hvor et forsøgsled gødes med 100 enheder P om året (= afgrødernes forbrug), og et andet gødes med 1000 enheder første år og ikke senere, vil disse to forsøgsled have ens optagelse i 7. år. Dette kan jævnføres med forsøget på Borris Nørrehede, hvor forsøgsled 200 kg superfosfat årlig og leddet gødet med 2000 kg superfosfat i 1940 giver ens udbytte i 5.—7. år (se side 597).

Det ses endvidere, at hvor tilførslen udgør over 80 pct. af det normale forbrug, vil nedgangen i optagelsen være meget lille fra år til år. I praktiske forsøg, hvor så mange forhold spiller ind, vil det være vanskeligt at fastslå, om en gødning —f. eks. grundgødning med staldgødning — fuldt ud dækker bortførslen, eller om der ad åre kan opnås merudbytte for ekstra gødningstilskud f. eks. superfosfat. Hertil kommer, at i fald jorden oprindelig indeholder væsentlig mere tilgængeligt fosfat end svarende til forbrug : optagelseskoefficient — i regneeksemplet her mere end 1000 enheder P — vil der med underskudsdrift (tilførsel mindre end bortførsel) kunne gå mange år, inden den tilgængelige mængde er nedsat til 1000 enheder og nedgang i optagelsen og udbytte kan sætte ind. (Derfor er de side 603 dragne slutninger kun baseret på langvarige forsøg, hvor jorden uden fosfattilførsel gav tydelig fosfatmangel i afgrøderne).

Ved foranstående eksempler er der gået ud fra konstant behov i afgrøderne — 100 enheder P —, men ifald dette stiger i årenes løb, må tilførslen stige langt stærkere. Hvis man har en jord med 1000 enheder P i tilgængelig form, optagelseskoefficient 0,10, vil afgrøden kunne tage 100 enheder, og resten i jorden er 900 enheder. Ønsker man næste år at forøge afgrødernes størrelse og fosfatforbrug med 5 pct. til 105 enheder P, må der tilføres 150 enheder, idet $(900 + 150) \times 0{,}1 = 105$. D. v. s. ønsker man hvert år at øge avlen med 5 pct. må man hvert år tilføre 150 pct. af forrige års fosfatoptagelse — stadig under forudsætning af en optagelseskoefficient på 0,1.

Et andet forhold er, at de forskellige afgrøder ikke har samme behov for fosfat. I så fald vil det være bedst at tilføre hele den fosfatmængde, der skal anvendes i sædskiftet, til den mest forbrugende afgrøde. Dette vises af følgende regneeksempel, hvor der antages, at afgrøderne i en rotation har behovene 130, 90, 90 og 90 enheder P.

1. Hele fosfatmængden gives til mestforbrugende afgrøde.

År	Tilførsel	Rest fra tidligere år	Ialt tilgængeligt	Optagelse	Afgrødens behov	
1	400	900	1300	130	130	Dækket
2	0	1170	1170	90	90	—
3	0	1080	1080	90	90	—
4	0	990	990	90	90	—
5	400	900	1300	130	130	—
		2. Lige meget fosfat hver år.				
1	100	900	1000	100	130	Udækket
2	100	900	1000	90	90	Dækket
3	100	910	1010	90	90	—
4	100	920	1020	90	90	—
5	100	930	1030	103	130	Udækket

I sidstnævnte tilfælde vil den mestforbrugende afgrøde have et udækket behov i mange år, og dette kan medføre udbyttenedgang. Der findes et par forsøg på ikke-staldgødet jord, som antyder, at tilførsel af superfosfat til rodfrugt alene kan være en fordel (upublicerede data).

	Gens. udbytte af 4-årigt sædskifte, hkg f. e.		
	Uden supf.	200 kg supf. årlig	800 kg supf. til rodfrugt
Lundgaard 1935—50	28.7	33.3	33.8
Tylstrup 1935—50 . .	37.7	38.2	38.9

Hvor jorden indeholder mere tilgængeligt fosfat end den mestforbrugende afgrødes behov : optagelseskoefficienten (her over 1300 enheder) vil tilførsel af fosfat være overflødig eller tilførselstidspunktet uden betydning.

Som nævnt tidligere er disse regneeksempler for simplificerede, men de giver alligevel en oversigt over den rent skematiske virkning af et næringsstof som fosfat, hvor jorderne nødvendigvis må indeholde en tilgængelig mængde på 10—50 gange årsforbruget, da optagelseskoefficienten er lav — 0,02—0,10. Det er ofte en fordel at holde sig disse skematiske forhold for øje, når man skal bedømme forsøgsresultater.

3. Jordens fosfattilstand.

Som omtalt må man som teori antage, at planternes fosfatoptagelse er bestemt af jordens indhold af tilgængeligt fosfat og dettes optagelseskoefficient. Men kun i specielle forsøg — med mærket fosfat — kan man måle størrelsesordenen af disse to faktorer. I almindelige markforsøg kan man kun måle eller få et skøn over disse to faktorers produkt — samt måle eller skønne over gødningens optagelseskoefficient. Det vil derfor være praktisk at anvende endnu et begreb, som dækker disse to faktorers produkt og som har direkte tilknytning til forsøgsarbejde og praktisk gødskningsvejledning.

Ved en jords fosfattilstand forstås her jordens »evne« til at stille fosfat til afgrødernes rådighed eller bedre afgrødernes mulighed for at optage fosfat fra jorden. Planternes andel i processen må fremhæves, idet fosfattilstanden ikke kan betragtes som en egentlig »tilstand«, der er tilstede i jorden og eventuelt kunne måles ad kemisk vej, men derimod som et resultat af samspillet mellem de fysisk-kemiske forhold i jord og planter. Dette samspil er allerede nævnt side 592 og vil blive behandlet igen (se side 615). For anskuelighedens skyld er det holdt i baggrunden i de foregående »skematiserende« underafsnit.

(Betegnelsen »fosforsyretilstand« er tidligere anvendt på samme måde som »fosfattilstand« bruges her — bl. a. af Bondorff 1933, Land Jensen et al. 1947).

Bestemmelse af jordens fosfattilstand kan selvsagt kun ske gennem dyrkningsforsøg, og det samme gælder undersøgelse af de faktorer, der indvirker på fosfattilstanden.

Det må dog fremhæves meget stærkt, at fosfattilstanden er defineret som afgrødernes mulighed for fosfatoptagelse fra jorden og i forsøg, hvor denne mulighed kun udnyttes delvis, kan man ikke bedømme fosfattilstanden.

Dette illustreres med afrundede tal fra nogle forsøg i kålroer, som under gunstige vækstvilkår vil kunne give omkring 100 hkg tørstof pr. ha på de pågældende jorder.

Jord A, der giver lavt udbytte af grundgødet og stort merudbytte for superfosfat, har utvivlsom en særlig ringe fosfat-

Forsøg	Udbytte i kålroer, hkg tørstof pr. ha A	B	C	D
0 superfosfat, grundgødet .	21	69	104	42
1000 — pr. ha......	56	76	106	43
2000 — pr. ha......	66	84	101	41

tilstand. I B er fosfattilstanden noget bedre, medens jord C med højt udbytte på grundgødet og intet eller usikkert merudbytte må siges at have tilfredsstillende fosfattilstand. På jord D er udbyttet uden superfosfat lavt, og der er intet merudbytte for fosfattilførsel. Her har en anden vækstfaktor end fosfat begrænset udbyttet (og fosfatoptagelsen), hvorfor fosfattilstanden må betegnes som ubestemt i dette forsøg. Det bemærkes, at på jord C kan forsøget kun vise, at fosfattilstanden er tilfredsstillende for vedkommende — normale — afgrødestørrelser, men forsøget kan ikke vise, om der også er fosfat nok til en langt større afgrøde. Som det vil fremgå heraf og af følgende afsnit er begrebet »en jords fosfattilstand« et særdeles relativt begreb og tilfredsstillende fosfattilstand betyder kun, at der er fosfat nok til i hvert fald »normal« eller »fuld« afgrøde d. v. s. at fosfattilførsel ikke øger udbyttet. Men hvad der i dag betragtes som en normal afgrødestørrelse, ville have været hen mod rekordavl for 50—60 år siden.

Bedømmelser af jorders fosfattilstand ud fra forsøg vil af mange grunde altid blive skønsmæssig, og derfor bør man kun sondre mellem ganske få grupper, hvor fosfattilstanden kan betegnes som »meget ringe«, »ringe«, »knap tilfredsstillende«, og »tilfredsstillende«, samt den særdeles vigtige gruppe med »ubestemt fosfattilstand«. Selvfølgelig kan der også anvendes få — 3—6 — talværdier herfor (Land Jensen et al. 1947).

4. Forhold, der påvirker planternes fosfatoptagelse og dermed jordens fosfattilstand.

Som nævnt flere gange må den her anvendte teori om jord- og gødningsfosfaternes virkemåde betragtes som stærkt forenklet og skematisk. Mange af de forhold, der belyses gennem mark- og karforsøg, tyder på en mere kompliceret virkemåde, men vil alligevel kunne indordnes i det anvendte skema, når man antager, at mængden af tilgængeligt fosfat og især dets optagelseskoefficient lader sig påvirke af forskellige faktorer. De fleste forsøg, der har interesse i denne forbindelse, viser dog kun, at jordens fosfattilstand påvirkes af forskellige forhold, medens en nærmere udredning af disse forholds virkning på mængden af tilgængeligt fosfat eller optagelseskoefficienten må søges ad andre veje, ofte gennem kemiske undersøgelser af jorden.

a. Jordtype. De mange superfosfatforsøg, der gennemføres hvert år viser, at de forskellige jorders fosfattilstand er meget forskellig (se side 619). Dette kan dels skyldes variation i mængden af tilgængeligt fosfat, dels at optagelseskoefficienten er forskellig fra jord til jord.

Da de forskellige jorder har vidt forskelligt fosforindhold — såvel totalindhold som indhold af syreopløseligt, uorganisk fosfat — er det venteligt, at de også har forskelligt indhold af tilgængeligt fosfat.

Ud fra de i afsnit I omtalte undersøgelser over jordernes forskellige bindingsevne overfor fosfat, må man formode, at optagelseskoefficienten for såvel jordens indhold af tilgængeligt fosfat som for gødningsfosfat er meget varierende fra jordtype til jordtype. Det er dog vanskeligt at underbygge denne formodning med forsøgsresultater. I de forholdsvis få markforsøg, hvor fosfatgødningens optagelseskoefficient kan beregnes, ser man ud fra de enkelte års resultater i samme forsøg, at optagelseskoefficienten er meget påvirket af afgrødens art, vejrlig m. v., således at sammenligning fra jord til jord er umulig. I karforsøg, hvor disse forhold kan elimineres, er vist, at optagelseskoefficienten for vandopløseligt gødningsfosfat er væsentligt større (0,25—0,50) i rent sand end i jord, ligesom der er fundet forskel fra jord til jord (Mitscherlich 1940 og 1948, Opitz 1944).

Det skal dog tilføjes, at sammenligning mellem resultaterne af to serier danske superfosfatforsøg og bindingsevnen overfor fosfat (henholdsvis standardbinding og bindingsprocent) bestemt i de pågældende jorder ikke har ført til et klart resultat (Larsen 1945 og forfatterens upublicerede data). Det kunne ikke fastslås, at jorder, der ud fra merudbyttet for superfosfat måtte skønnes at have relativ høj optagelseskoefficient, også altid havde lav bindingsevne overfor fosfat og omvendt.

b. Mængden af tilført, vandopløseligt fosfat. Ud fra bindingskurvens form må man vente, at optagelseskoefficienten stiger med stigende tilførsler af vandopløseligt fosfat, idet den ikke bundne del stiger stærkere end tilførslen. Forsøg med stigende mængder fosfatgødning viser dog det omvendte forhold (se side 596), men det kan skyldes, at planterne ikke udnytter optagelsesmulighederne fuldt ud.

Ud fra bindingskurvens form må man også vente, at i fald samme mængde fosfat bliver indblandet i henholdsvis een del og ti dele jord, vil planterne kunne optage mest fosfat der, hvor gødningen er indblandet i mindst jord. At dette virkelig er tilfældet, ses af mange kar- og markforsøg med ensidig placering af superfosfat, d. v. s. radsåning, spredning i smalle bånd, anvendelse af granuleret gødning og lignende. Således viser svenske markforsøg med sammenligning mellem radsåning og almindelig bredsåning af superfosfat en fordel for radsåning på fosfatfattige, stærkt fosfatbindende jorder (Franck 1948). Tilsvarende er fundet — om end med nogen variation — i flere engelske og amerikanske forsøg. Dog er denne fordel for radsåning ret ringe i de fleste danske forsøg, men det skyldes muligvis, at fosfatfattige, stærkt fosfatbindende jorder er sjældne (de provinsielle planteavlsberetninger 1949—52). På tilsvarende måde har man i udlandet fundet en fordel ved anvendelse af granuleret superfosfat fremfor den almindelige pulveriserede vare (Franck 1948, Krügel et al. 1949).

Disse forsøg viser således, at stærk gødskning af en lille part af jordvolumet giver større fosfatoptagelse, end når samme fosfatmængde fordeles i hele pløjelaget. Dermed er vist, at optagelseskoefficienten stiger med stigende tilførsel og dermed også ved tiltagende mængder tilgængeligt fosfat i jorden.

c. Tidsmæssig ændring af tilført gødningsfosfat. Det er tidligere fremhævet, at selv om man kan regne med, at vandopløseligt gødningsfosfat simpelthen indgår i jordens fond af tilgængeligt fosfat, så har frisk tilført fosfat noget højere optagelseskoefficient end det øvrige tilgængelige fosfat.

Dette forhold er forståeligt ud fra de side 573 omtalte undersøgelser over rystetidens indflydelse på fosfatets binding i jord.

I markforsøg kan forholdet vises ved at sammenligne superfosfat udstrøet længere eller kortere tid før afgrødernes såning — i markforsøg især som efterårs- og forårsudbringning. Så godt som alle forsøg viser lidt større virkning af superfosfat udbragt lige før såningen end af samme mængde udbragt tidligere (Beretning om Planteavlsarbejdet i Landboforeningerne i Jylland 1914, 1921 og 1936, Lee 1940, Iversen 1941, Maas & Bentley 1946, Lewis et al. 1950).

d. Jordens reaktions- og kalkforhold. Adskillige mark- og karforsøg har vist, at kalkning af sur jord forbedrer dens fosfattilstand, idet kalkningen øger udbyttet og fosfatoptagelsen (Salter & Barnes 1935, Franck 1937 og 1938, Davis & Brewer 1940, Albrecht & Smith 1940, Dunn 1943, Semb 1943, Bohne 1949, Paauw 1950, Gericke 1951, Tind-Christensen 1951, Dorph-Petersen 1953).

Dette kan demonstreres ved følgende resultater fra ikkefosfatgødede forsøgsled i forsøg på let sandjord ved Jyndevad (Dorph-Petersen 1953).

	Afgrødernes fosfatindhold, kg P pr. ha			
Tilført kalk, tons pr. ha	0	4	8	12
Rt	5.0	5.9	6.7	7.2
Kålroer, rod + top	1.2	4.9	5.0	4.3
Rug, kærne + halm	4.0	5.5	6.4	6.6
Havre, do.	4.9	6.9	7.8	8.0
Lupin, frø alene	9.6	9.7	9.8	9.0

Moderat kalkning — 4 og 8 t jordbrugskalk pr. ha — øger fosfatoptagelsen, dog forskelligt i de fire afgrøder (hvorved forholdet mellem afgrødernes optagelse ændres). Da der med undtagelse af lupin har været stort merudbytte for superfosfat på alle kalkningstrin (merudbyttet aftager dog ved kalkning), må optagelsen af fosfat uden superfosfattilførsel anses for den størst mulige, og derfor kan sluttes, at kalkning til jordens optimale Rt fremmer optagelsen.

Dette kan delvis skyldes, at kalkning bevirker en hurtigere mineralisering af de organiske fosforforbindelser, hvorved mængden af tilgængeligt fosfat øges.

Endvidere kan det skyldes ændring i optagelseskoefficienten ud fra følgende forklaring. Planternes CO_2-produktion nedsætter jordens pH til omkring 4 umiddelbart omkring rodhårene (se side 592), hvorved fosfatet midlertidigt går i opløsning for senere at bindes (se side 577). Denne kortvarige opløsning af fosfat er langt større på kalkede jorder end på ukalkede, hvilket ses af følgende sammendrag. Ved interpolation på opløsningskurver for jord fra et kalkforsøg på forsøgsstationen ved Jyndevad bestemtes mængden af opløst fosfat ved pH 4 efter forskellig rystetid (Dorph-Petersen 1953).

Kalkning	Jordens reaktion	Rystning i timer			
		1	24	60	
Ukalket..............	4.8	1.1	0.6	0.4	p. p. m. P
4 t kalk	5.8	1.4	0.7	0.6	—
8 t —	6.5	2.5	1.1	0.9	—
12 t —	7.0	3.9	1.6	1.1	—

Kalkningens virkning på jordens fosfattilstand kan muligvis forklares alene ved denne ændring i fosfatets opløselighed.

Stærk kalkning — til Rt omkring 8 — hemmer sandsynligvis fosfatoptagelsen. Der foreligger ikke danske markforsøg, der viser dette sikkert, men flere forsøg på stærkt kalket lerjord på Lolland sandsynliggør det. I U.S.A., især i Arizona og Texas, har man kalkjorder, der efter analyser af jorden at dømme er fosfatrige, men afgrøderne mangler fosfat. Denne mangel kan ophæves ved at sætte Rt ned eller ved at tilføre organisk stof, der dog omsættes hurtigt, men giver stor CO_2-udvikling i jorden. Problemet om disse kalkjorders fosfatforhold er behandlet i flere arbejder af McGeorge og Breazeale, endvidere Chapman 1936, Fuller & McGeorge 1950 og 1951 og Lorenz & Johnson 1953.

Denne skadevirkning af stærkt kalkning må også ses i forbindelse med planternes CO_2-udvikling. Hvis jorden indeholder betydelige mængder calciumkarbonat, kan den af rødderne udviklede CO_2 ikke nedsætte pH til under 6, som er betingelsen for, at calciumfosfaterne får en betydende opløselighed, og at den ovenfor omtalte midlertidige store opløselighed indtræffer — se fig. 5.

e. Vandopløseligt silikat. Mange karforsøg og enkelte markforsøg har vist, at tilførsel af kolloidal kiselsyre eller alkalisilikat kan forøge planternes vækst og fosfatoptagelse på fosfatfattig jord eller sand gødet med tungtopløselige fosfater. Dog er der i enkelte forsøg ingen virkning af silikat (Lemmermann et al. 1922, 1924, 1925 og 1928, Achromeiko 1934, Blanck et al. 1936 og 1938, Küpper 1938, Dewan & Hunter 1949).

Forklaringen på denne virkning er sandsynligvis, at silikatet gennem anionombytning øger fosfatkoncentrationen i jordvædsken og dermed det tilgængelige fosfats optagelseskoefficient.

f. Forskellige plantearter. På samme jord kan de forskellige plantearter optage vidt forskellige mængder fosfat, selv om alle arter lider af fosfatmangel. Som eksempel kan henvises til foranstående resultater fra forsøg på Jyndevad (side 613) og anføres følgende tal fra forsøg på sandjord ved Lundgaard (Iversen & Dorph-Petersen 1949).

	Udbytte, hkg f. e. pr. ha		Fosfat i afgrøderne, kg P pr. ha	
Gødskning:	NK	NPK	NK	NPK
Rug..............	25.5	34.0	6.2	8.5
Havre.............	16.3	23.8	5.7	7.8
Kålroer...........	25.8	54.8	13.0	29.7
Kartofler..........	67.9	81.0	10.9	14.2
Kløvergræs.........	11.5	13.6	3.5	4.5

Merudbyttet og meroptagelsen for superfosfat viser, at der har været fosfatmangel i alle afgrøder, således at optagelsen i forsøgsleddet gødet med kvælstof og kali (NK) må være nær maksimal, og alligevel er der stor forskel mellem planteartemes fosfatoptagelse. Bemærkelsesværdigt er det, at afgrødernes rækkefølge med hensyn til fosfatoptagelse ikke er ens på alle jorder — ses af ovenstående tal sammenlignet med resultaterne fra Jyndevad side 613. Normalt optager rodfrugterne mest fosfat, således som det er tilfældet ved Lundgaard, men på Jyndevad har kålroerne den mindste optagelse. Dog er lupiner almindeligvis anerkendt som en afgrøde med speciel evne til at optage tilstrækkeligt fosfat selv på jorder, hvor andre afgrøder giver misvækst uden fosfattilførsel. Omtalte forhold, at plantearterne har vidt forskellig evne til at optage fosfat fra samme jord, er vist i flere mark- og karforsøg (Butkewitsch 1933, Opitz 1944, Iversen & Dorph-Petersen 1949 og 1951, Mitscherlich 1940, 1948, 1949, Lemmermann & Rauterberg 1949, Dorph-Petersen 1953).

Hvad der er årsagen til plantearternes forskellige fosfatoptagelse er ikke klarlagt, men der skal nævnes nogle muligheder. Forskellig voksetid, der dog ikke kan være eneste årsag, idet lupiner i forannævnte forsøg på Jyndevad havde større fosfatoptagelse end kålroer. Forskellig rodudvikling og dermed optagelse fra forskelligt jordvolumen. Almindelige erfaringer om arternes rodudvikling gør det dog ikke sandsynligt, at dette er hovedårsagen. Røddernes CO_2-udvikling og udsondring af organiske syrer kan være en medvirkende årsag til artsforskellen. Endvidere optagelsen af calcium, der ændrer jordvædskens koncentration og dermed kan påvirke fosfatopløsningen. Desuden kan der være forskel i rodhårsvæggenes fysiologiske forhold fra art til art. Man kan vist nok gå ud fra, at forskellen mellem plantearterne skyldes, at de alle — men i forskellig grad — indvirker på fosfatets opløsning i jorden og dermed på optagelseskoefficienten, medens indvirkning på mængden af tilgængeligt fosfat må anses for umulig.

Det må fremhæves, at denne artsforskel bevirker, at bedømmelsen af jordernes fosfattilstand ud fra markforsøg er stærkt afhængig af hvilke afgrøder, der har været i forsøgene. Egentlig burde man for hver jord angive en fosfattilstand for hver afgrøde, eller fosfattilstanden burde defineres som een bestemt afgrødes »bedømmelse« af jorden. Når der i følgende ikke anvendes noget sådant, er det ud fra den indstilling, at fosfattilstanden er et »praktisk betonet« meget relativt begreb. Hvor betegnelsen fosfattilstand anvendes her, er der underforstået, at den er bedømt i de almindelige landbrugsafgrøder — fortrinsvis korn, bede- og kålroer, og der er regnet med, at rodfrugt i reglen giver en »skarpere« bedømmelse end korn.

g. Andre vækstfaktorer. Det er tidligere nævnt, at de øvrige vækstfaktorers konstellation indvirker stærkt på fosfatoptagelsen, selv om der i alle tilfælde er fosfatmangel. Dette ses for kvælstof og kaligødningens vedkommende af resultaterne fra forsøget på Lundgaard, anført side 590. At den dominerende vækstfaktor vand også indvirker på fosfatoptagelsen fremgår af karforsøg (Pfeiffer et al. 1919, Gericke 1949).

Også her må man søge forklaringen i planterøddernes aktive part i fosfatoptagelsen, således at de planter, der er velforsynede med kvælstof, kali og andre næringsstoffer, er bedre i stand til at skaffe sig fosfat end de, der lider af næringsstofmangel.

Det må dog bemærkes, at alle forhold, der påvirker jordens mikroflora — herunder kalkning, gødskning — også kan indvirke på planternes fosfatoptagelse bl. a. gennem mikrofloraens CO_2-udvikling.

5. Virkning af andre fosfatgødninger.

I foranstående afsnit er der kun omtalt virkningen af vandopløselige fosfatgødninger — oftest superfosfat. Derudover er der især grund til at beskæftige sig med vor vigtigste fosfatgødning, staldgødning, medens andre gødninger såsom råfosfat og forskellige glødningsfosfater — herunder thomasfosfat — kan behandles mere summarisk, da de næsten ikke anvendes her i landet. I staldgødning og halm findes hovedparten (70—80 pct.) af fosforforbindelserne i uorganisk form (Damsgaard-Sørensen 1946) og resten i organiske forbindelser, hvoraf en part antagelig mineraliseres hurtigt i jorden. Det er derfor forståeligt, når man i danske markforsøg finder meget nær samme optagelse fra fosfat tilført i henholdsvis staldgødning og superfosfat (Iversen 1942, Iversen & Dorph-Petersen 1949 og 1951). Som eksempel kan anføres optagelsen i 4 år fra staldgødning og superfosfat tilført første forsøgsafgrøde — ens mængde fosfat i 1 staldgødning og 1 kunstgødning.

Praktisk taget kan man derfor tillægge fosfor i staldgødning samme gødningsværdi som fosfat i superfosfat. Tilsvarende gælder antageligt for fosfor i rod, stub og grøngødning. Dog må det tilføjes, at forsøg med organiske fosforforbindelser isoleret

	Meroptagelse i pct. af tilførsel			
	½ staldg.	1 staldg.	½ kunstg.	1 kunstg.
1. år. Rodfrugt	14.2	12.2	14.4	11.4
2. – Byg	2.1	2.5	1.0	0.9
3. – Runkelroer	6.9	5.6	6.5	4.7
4. – Byg	0.8	0.8	0.2	0.3
Sum af 4 år	24.0	21.1	22.1	17.3

fra staldgødning og plantemateriale har vist, at disse forbindelser mineraliseres langsomt og har ringere gødningsvirkning i første år end superfosfat (Bertramson & Stephenson 1942, Kaila 1949 og 1950, Fuller & Dean 1949, McAuliffe et al. 1949, Fuller & Rogers 1952). Når denne ringere virkning af organiske fosforforbindelser ikke påvirker den samlede virkning af staldgødning kendeligt, skyldes det dels disse forbindelsers ringe andel i staldgødningens fosforindhold, og dels at fosfat fra superfosfat også optages meget langsomt.

Helt anderledes er forholdet mellem virkningen af superfosfat og råfosfat, idet få danske (Kristensen & Christensen 1913, Christensen 1923, Rasmussen 1949, Kofoed 1950) og mange udenlandske forsøg viser, at råfosfat i kortvarige forsøg oftest giver væsentlig ringere virkning (merudbytte og meroptagelse) end samme mængde fosfat i superfosfat.

Dog er råfosfaternes virkning afhængig af en række forhold, hvoraf disse fosfaters fluoridindhold, deres kornstørrelse og jordens reaktion er de vigtigste. For sidstnævnte forhold gælder, at råfosfaternes virkning (i forhold til superfosfat), er bedre på sur jord end på neutral eller alkalisk jord.

Ved glødning af råfosfat og behandling med vanddamp eller soda kan fjernes en del af deres fluoridindhold, hvorved gødningsværdien øges (fluor fjernes også delvis ved fremstilling af superfosfat). Dette har bevirket, at der hist og her Verden over fremstilles en række forskellige glødningsfosfater — hvortil thomasfosfat, der er affaldsprodukt fra stålfremstillingen, kan henregnes. I disse glødningsfosfater er der intet eller kun lidt af fosfatet i vandopløselig form, og deres virkning er meget afhængig af deres kemiske sammensætning og derfor også af udgangsmaterialets art og fremstillingsmåden (Poulsen 1946).

Ferri- og aluminiumfosfater har i reglen lavere gødningsværdi end superfosfat, men disse fosfaters gødningsværdi afhænger også af deres fremstillingsmåde (Poulsen 1948 og 1950).

Endelig kan nævnes, at flere metafosfater er prøvede som gødning med godt resultat — ofte samme virkning pr. kg P som superfosfat, hvilket skyldes, at metafosfatet i jorden omsættes til ortofosfat inden optagelsen, og at planterne kan optage metafosfat.

III. Gødskning med fosfat i danske landbrug.

Hvor store mængder fosfatholdig kunstgødning, det kan betale sig at anvende, afhænger af jordens fosfattilstand, den anvendte driftsform — her især mængden af staldgødning — samt prisforholdet mellem afgrøde og kunstgødning.

1. Danske landbrugsjorders fosfattilstand.

Resultaterne af de mange superfosfatforsøg, der er udført her i landet, viser at merudbyttet for samme mængde superfosfat veksler overordentlig meget fra jord til jord, og en bedømmelse af jordernes fosfattilstand ud fra forsøgsresultater viser, at denne varierer særdeles meget.

Som eksempel herpå skal anføres et udpluk af 331 forsøg udført 1942—47 (Land Jensen et al. 1947).

Sted	Jord	Udbytte af grundgødet	Merudbytte for 1000 supf.	Fosfattilstand bedømt til
Stenderup	ler	28.4	30.3	klasse 1
Skærbæk	sand	37.7	13.0	— 2
Askov	ler	59.4	8.6	— 3
Horsens	ler	59.6	3.9	— 4
Ramsing	ler	68.9	1.8	— 5
Rønde	ler	80.5	0.5	— 6

Forsøgsgødningen, 1000 kg superfosfat pr. ha, er tilført i første år, og udbyttet er beregnet i hkg f. e. i gennemsnit af en roeafgrøde og to kornafgrøder. På grundlag af udbyttet på grundgødet og merudbyttet for 1000 kg superfosfat er jorderne inddelt i 6 klasser efter fosfattilstand, idet bedømmelsen for 27 forsøg dog lyder på, at fosfattilstanden er ubestemt, d. v. s., at andre faktorer har begrænset udbyttet.

Tager man ekstremerne med, så varierer danske jorders fosfattilstand helt fra de overordentlige fattige hedejorder, der kun kan give en kummerlig afgrøde uden fosfattilførsel, til jorder, der i forsøg har givet 16—24 gode afgrøder uden nogen fosfattilførsel, og uden at fosfattilførsel har givet merudbytte noget år. Ud fra jordbundsanalyser — fosforsyretal, Ft, — kan det skønnes, at nogle jorder med Ft på 30—40 kunne give fuld avl i hundrede år uden nogen fosfattilførsel.

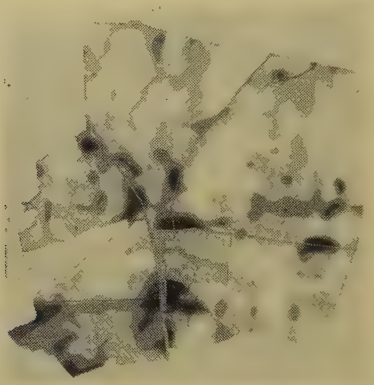


Fig. 9. Variationen i fosforsyretallene (salpetersyremetoden) indenfor een ejendoms jorder vist ved forskellig farve, således at de mørkeste partier har højest Ft. Tjele Hovedgaard. (Efter Damsgaard-Sørensen 1940 og 1946).

Det er dog ikke alene indenfor landets grænser, at jordernes fosfattilstand varierer stærkt, det samme gælder i nogen grad indenfor de enkelte ejendomme, ja, indenfor hver mark. Dette kan ses af de mange systematiske jordbundsundersøgelser, der er udført i den sidste halve snes år, og som ofte viser en stor variation i jordens fosforsyretal. Om fosforsyretallene, som mål for jordens fosfattilstand, må henvises til side 643. Resultatet af en sådan undersøgelse er vist i fig. 9 (Damsgaard-Sørensen 1940 og 1946).

Når denne variation i jordernes fosfattilstand er erkendt, rejser sig derefter spørgsmålet: Hvor store dele af landbrugsarealerne har for ringe fosfattilstand, og hvor store dele har tilfredsstillende fosfattilstand? Spørgsmålet lader sig ikke endelig besvare, men foreliggende forsøgsresultater og jordbundsundersøgelser giver et fingerpeg derom.

Her kan nævnes opgørelsen af forannævnte 331 forsøg med 1000 kg superfosfat som forsøgsgødning (Land Jensen et al. 1947). Her var fordelingen mellem forsøgene i de 6 klasser for fosfattilstand følgende:

Klasse 1	11 forsøg
— 2	43 —
— 3	50 —
— 4	104 —
— 5	66 —
— 6	30 —

Klasse 1 og 2, der indeholder 18 pct. af forsøgene, har særdeles ringe fosfattilstand, medens klasse 5 og 6, der betegner tilfredsstillende fosfattilstand, udgør 32 pct. af forsøgene. Dog tør man ikke gå ud fra, at samme fordeling gælder for alle landets jorder, idet mange af forsøgene sandsynligvis er anlagt på arealer, hvor man havde formodning om, at afgrøderne led af fosfatmangel.

Gennem jordbundsundersøgelser får man også en forestilling om landbrugsjordernes fosfattilstand. Et materiale på 104630 Ft-bestemmelser udført ved Statens Planteavls-Laboratorium i 1949—50 viste, at disse jordprøver i gennemsnit havde Ft 4,7, og fordelingen var følgende:

Ft under 4	45 pct. af jorderne
Ft mellem 4 og 10	51 pct. af jorderne
Ft over 10	4 pct. af jorderne

Hvis man tør gå ud fra, at jorder med Ft 4—6 og derover har tilfredsstillende fosfattilstand, skulle dette være tilfældet på godt halvdelen af landbrugsjorderne. Dog er det ikke sikkert, at denne prøveudtagning er helt repræsentativ — tværtimod må det anses for sandsynligt, at fosfatfattige jorder er overrepræsenteret, idet der fortrinsvis foretages jordbundsundersøgelser på arealer, hvor afgrøderne lider af en eller anden mangel.

Opdelt efter amter udviser samme materiale en betydelig egnsvariation, idet Ft er væsentlig højere på øerne (Odense Amt Ft = 6,6) end i Vestjylland (Ribe Amt Ft = 2,6).

Hvad er så årsagen til denne store variation i jordernes fosfattilstand? Her kan nævnes tre muligheder. 1. Forskelligt oprindeligt (geologisk) indhold af total-fosfat og antagelig dermed også af tilgængeligt fosfat. 2. Forskellig fosfattilførsel. 3. De faktorer, der påvirker fosfattilstanden — her især jordernes bindingsevne og deres reaktionsforhold.

Utvivlsomt har de lerholdige, kalkrige morænelerjorder i landets østlige egne haft betydeligt større fosfatindhold inden opdyrkningen end de midt- og vestjydske sandjorder. Dette ses blandt andet af fosfatbestemmelser i undergrunden (1—2 m dybde), der blandt andet har vist, at enkelte ler- og mergelforekomster er særdeles fosfatrige, medens hedejorderne oftest er meget fattige (Dorph-Petersen 1949). Dog må der regnes med, at maritime sandaflejringer kan være fosfatrige. For moser, kær og andre ferskvandsaflejringer gælder det, at deres fosfatindhold (totalindhold) helt er bestemt af deres dannelsesmåde. Ofte er sådanne jorder ret fosfatrige, og der forekommer kærjorder med vivianit og lignende fosforaflejringer (Christensen et al. 1912).

Ligeså betydningsfuld som den geologiske forskel er tilførsel og bortførsel af fosfat gennem dyrkning og gødskning. Mange jorder med tilfredsstillende fosfattilstand er antagelig ret fosfatfattige fra naturens side, men fosfatet er tilført ved århundreders gødskning. Dette ses blandt andet af det forhold, at undergrunden under en fosfatrig jord kan være fosfatfattig, selv om over- og undergrunden er af tilsyneladende ens geologisk oprindelse. Systematiske jordbundsundersøgelser viser ofte, at fosforsyretallene er væsentlig højere omkring gamle gårde og landsbyer end i de fjernere marker (Arrhenius 1931, 1934 og 1935). Dette kan skyldes, at man i århundredernes løb stadig har ført fosfat i afgrøder og dyr fra alle markerne og overdrevene hjem til gården, medens staldgødning og andet fosfatholdigt affald fortrinsvis er anvendt på de nærmeste arealer.

For denne langsomme fosfatophobning har dyrkningsalderen stor betydning. Dette kan ses ved at sammenligne fosforsyretal i arealer med forskellig dyrkningsalder indenfor samme område. En sådan undersøgelse i Skodborg sogn i Sønderjylland viste følgende: I arealer dyrket før udskiftningen havde 150 jordprøver (hver i 1—2 ha) i gennemsnit Ft = 4,9, medens Ft i 210 prøver fra jorder opdyrket siden 1791 var 2,7 (Dorph-Petersen 1947). Det kan i denne forbindelse nævnes, at man har kunnet påvise tidligere bebyggelser og stenalderbopladser gennem fosfatanalyser i jorden. (Arrhenius 1931, 1934, 1935 og 1938, Christensen 1939).

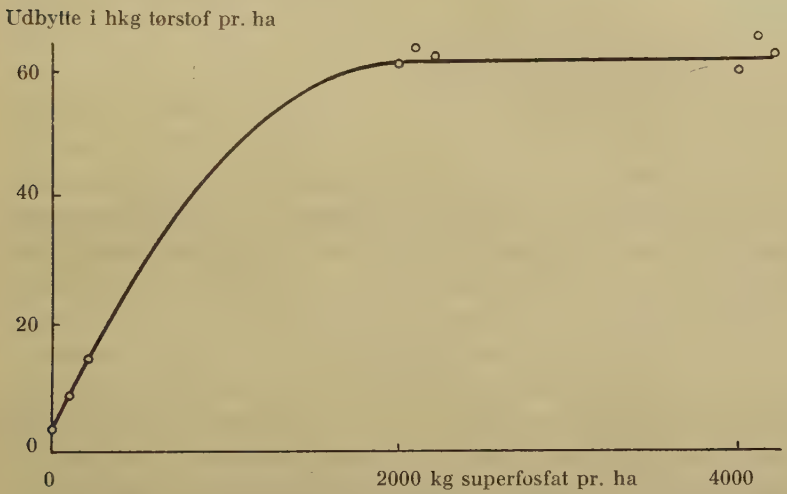


Fig. 10. Udbyttekurve for superfosfat i forsøg med kartofler på Borris Nørrehede 1940.

Der er således muligheder nok til at give varierende fosfattilstand fra jord til jord, men når så denne variation er fastslået, kommer det næste spørgsmål: Har fosfattilstanden i jorden nogen praktisk betydning, i fald der i staldgødning og superfosfat tilføres jorden nogenlunde samme fosfatmængde, som afgrøderne bortfører?

Besvarelsen heraf kan fås af resultaterne af enårige forsøg med forskellige mængder superfosfat. I fig. 10 er således vist tørstofudbyttet i kartofler for 0—4200 kg superfosfat i forsøg på Borris Nørrehede (Iversen & Dorph-Petersen 1948). Det ses heraf, at udbyttet stiger stærkt indtil tilførslen er 1600—2000 kg superfofat — eller en tilførsel på 8—10 gange afgrødernes forbrug. For tilsvarende andre forsøg var resultaterne i første forsøgsår følgende:

		Udbytte i hkg pr. ha for kg superf.				
Forsøgssted	Afgrøde	0	100	200	2000	4000
Borris Nørrehede	Kartofler, tørst. i knolde.....	3.5	8.4	14.3	60.4	59.7
— —	Havre, kærne..............	1.4	2.2	2.7	14.6	15.0
Lundgaard	Kålroer, roetørstof	99.7	102.0	101.0	106.9	110.3
—	— —	87.1	89.1	91.8	106.1	111.0
Askov	Runkelroer, roetørstof.......	79.9	81.1	84.5	89.9	94.2
—	Byg, kærne...............	38.7	40.7	41.6	45.6	48.5
Studsgaard	Kartofler, tørst. i knolde	51.7	56.1	58.0	66.0	69.1

Lokale forsøg med 200 kg superfosfat årlig i 5 år kontra 1000 kg superfosfat givet 1. år viser i første afgrøde ofte stor udbyttestigning fra forsøgsleddet gødet med 200 kg superfosfat til forsøgsleddet gødet med 1000 kg superfosfat.

Heraf kan man drage den slutning, at på de fleste jorder med ringe fosfattilstand kan en tilførsel af størrelse som afgrødernes behov (200—300 kg superfosfat pr. ha) slet ikke sikre fuld afgrøde. Tværtimod skal der tilføres 8—10 gange afgrødens optagelse for at få fuld avl — men herved forbedres fosfattilstanden også, så næste år er betingelserne anderledes. Dette er i fuld overensstemmelse med den her anvendte teori om, at gødningsfosfat indgår i mængden af tilgængeligt fosfat og optagelsen deraf er langsom — optagelseskoefficienten kun 0,02—0,10. Som det fremgår af udbyttetallene fra Borris Nørrehede side 597 og kalgulen side 605, kan man ved årlig tilførsel af samme størrelse som afgrødernes forbrug efterhånden få ophobet så meget tilgængeligt fosfat i jorden, så optagelsen bliver lig med tilførslen. Men på jorder med meget ringe fosfattilstand er denne vej til opnåelse af tilfredsstillende fosfattilstand lang og medfører for små afgrøder i en lang årrække. Som nævnt side 603 er det i adskillige forsøg vist, at på jorder med tilfredsstillende fosfattilstand kan man opretholde denne og stadig høste fuld avl ved en fosfattilførsel, der er lig med afgrødernes bortførsel — »erstatningsdrift«. På særlig fosfatrige jorder er end ikke en sådan tilførsel nødvendig.

Man kan derfor fastslå, at jordens fosfattilstand har dominerende betydning for afgrødernes størrelse — for så vidt denne ikke begrænses af en anden vækstfaktor. Følgeligt er det af største betydning for den enkelte landmand at kende sin jords fosfattilstand. Hvorledes dette opnås i praksis vil blive diskuteret i afsnit IV, medens der her gås direkte til det næste spørgsmål: Hvorledes kan man forbedre jordens fosfattilstand? Der er her to veje, som ofte bør anvendes samtidig. Man kan først og fremmest tilføre mere fosfat i staldgødning og kunstgødning, end afgrøderne fjerner — enten i een stor dosis eller ved at give et overskud hvert år.

Dertil kan man indvirke på de forhold, der påvirker fosfattilstanden ved at øge optagelseskoefficienten. Her bliver der først og fremmest tale om kalkning, for som omtalt side 613 kan kalkningen forbedre sure jorders fosfattilstand — antagelig ved både at øge mængden af tilgængeligt fosfat og dets optagelseskoefficient. Dog må det frarådes at kalke af hensyn til fosfattilstanden alene — man bør kalke således, at der opnås den reaktion, som erfaringsmæssigt er optimal for vedkommende jord og sædskifte.

En anden mulighed for at øge fosfatoptagelsen er placering af fosfatgødningen i en lille part af jordens volumen, ved hjælp af radsåning, anvendelse af kornet superfosfat eller lignende. Som omtalt side 612 vil en placering utvivlsomt kunne forbedre gødningsfosfatets optagelse og merudbytte på jorder med ringe fosfattilstand og stor fosfatbindingsevne. Dog vil jordbehandlingen — pløjning og harvning — forstyrre placeringen, således at det i reglen kun er første års virkning, der øges, medens resten af fosfatet forholder sig som bredsået. Derfor er det meget tvivlsomt, om en radsåning eller anden placeringsmåde kan anbefales under normale forhold, hvor landmanden kan vælge mellem køb af superfosfat eller udgifterne til radsåning. Hvis man antager, at bredsået superfosfat har optagelseskoefficient 0,10 og radsået 0,20 første år og derpå 0,10, kan der opstilles en kalkule svarende til den side 605 viste.

Optagelse i fosfatenheder.

	Tilført 100 enheder årlig, bredsået	Tilført 100 enheder årlig, radsået	Bredsået 200 enheder første år, derefter 100
1. år	10	20	20
2. år	19	28	28
3. år	27	35	35
4. år	34	42	42
5. år	41	48	48
6. år	47	53	53

I de første år er der væsentlig forskel mellem 100 enheder bredsået og 100 enheder radsået, men som det ses af sidste kolonne, vil bredsåning med et ekstra tilskud af 100 enheder første år give samme optagelse som radsåning af 100 enheder årlig. Dette er selvfølgelig kun en kalkulè, som desværre ikke kan underbygges med forsøgsresultater, men den viser dog problemstillingen. Både med bredsåning og radsåning opnår man en langsom forbedring af jordens fosfattilstand. Mon det så ikke var bedre at forøge denne ved een stor dosis fosfat, fremfor at anskaffe maskiner til radsåning?

En anden form for placering af superfosfat er at indblande dette i staldgødningen, enten i stalden eller når gødningen læsses på vogn til udkørsel (Åslander 1940, Franck 1946, Midgley & Dunklee 1945, Iversen & Dorph-Petersen 1952). Forsøg har vist, at på meget fosfatfattige og fosfatbindende jorder kan denne metode forøge virkningen af superfosfat noget, medens der på jorder med hen mod tilfredsstillende fosfattilstand ikke er nogen gevinst ved indblandingen (spørgsmålet om »konservering« af staldgødningens ammoniakkvælstof med superfosfat ses der i denne forbindelse bort fra).

Selv om det således ikke kan anbefales at ofre arbejde og andre udgifter for at opnå en gunstig placering af superfosfat i jorden, kan det på den anden side frarådes at forårsage en ugunstig ensidig fordeling af fosfatet ved at give superfosfat som overgødskning, især på græsmarker. Som omtalt side 588 kan man ved analyser af jorden vise, at superfosfat, der udstrøes på græsmarker, forbliver i det allerøverste jordlag, og man må antage, at optagelsen derfra er ringe. Enkelte forsøg har vist, at superfosfat, der nedførtes i en græsmark (i små huller), havde større virkning end samme mængde givet som overgødning (Midgley 1931). I stedet for at gøde græsmarker med superfosfat som overgødning må man hellere give en større mængde før udlæget. For gamle græsmarker kan det være et spørgsmål, om man ikke bør pløje dem op og lægge ud igen for at få fosfatet ned i jorden (Franck 1938).

Ud over kalkning til optimal reaktion — der i alle tilfælde bør gennemføres — kan man kun anbefale at forbedre jordernes fosfattilstand gennem fosfattilførsel. Så godt som alle foreliggende forsøg viser, at jorder med ringe eller meget dårlig fosfattilstand kan bringes i tilfredsstillende tilstand med 2000—4000 kg superfosfat pr. ha. Det er muligt, at der findes jorder, hvor fosfatets optagelseskoefficient er så lille, at der skal væsentlig større mængder fosfat til at bibringe dem tilfredsstillende fosfattilstand, men sådanne tilfælde er endnu ikke fastslåede i danske forsøg. (Det kan tilføjes, at der ikke er iagttaget skadevirkning af indtil 6000 kg superfosfat pr. ha, når dette gives på nøgen jord).

Det er således teknisk muligt på et eller få år at tilvejebringe tilfredsstillende fosfattilstand ved kalkning og gødskning. Den økonomiske side af sagen vil blive diskuteret senere, side 632 m. fl.

Tilbage er spørgsmålet om vedligeholdelse af en tilfredsstillende fosfattilstand. Som det er omtalt side 603 må man ud fra forsøgsresultater og kendskabet til fosfatets kemiske forhold i jorden gå ud fra, at mængden af tilgængeligt fosfat kan holdes konstant, når tilførsel i gødning er lig bortførsel i afgrøder. Sker der ikke nogen ændring i de forhold, som påvirker optagelseskoefficienten — især jordens reaktion — vil tilfredsstillende fosfattilstand kunne vedligeholdes ved erstatningsdrift, d. v. s. tilførsel af fosfat = bortførsel.

Det må her tilføjes, at tilfredsstillende fosfattilstand er et relativt begreb, der kun betyder, at jorden kan tilfredsstille afgrødernes behov i det foreliggende sædskifte ved en vis normal afgrødestørrelse, således at øget fosfattilførsel ikke giver udbytteforøgelse. Hvis man gennem ændring i sædskiftet, anvendelse af nye sorter og stammer, øget gødskning med kvælstof og kali eller andre kulturforanstaltninger hæver udbytteniveauet, kan en tilfredsstillende fosfattilstand blive for ringe. Derfor må man under stedse stigende udbyttestørrelser — som i 60—70 år har været det normale her i landet — tilføre mere fosfat end der bortføres, for at fosfattilstanden stadig kan være tilfredsstillende. Som nævnt side 607 må man med optagelseskoefficient 0,1 stadig tilføre 110 pct. af bortførslen, hvis afgrødestørrelsen skal stige med 1 pct. årlig.

Ved foranstående betragtninger om fosfattilstandens forbedring og vedligeholdelse er der gået ud fra normal jord med lav optagelseskoefficient. Men det må tilføjes, at der muligvis findes afvigende jorder her i landet. I rent sand, der ikke binder fosfat, er gødningsfosfatets optagelseskoefficient højere end i jord, og det samme må ventes at være tilfældet i jorder, som ved laboratorieundersøgelser har vist meget ringe bindingsevne. Nogle spredte undersøgelser over jordens bindingsevne har vist, at denne kan være meget ringe i nyopdyrkede jorder på hedefladerne — men oftest høj i hedejord fra bakkeøerne (Dorph-Petersen 1950 og ikke offentliggjorte data). Endvidere har enkelte forsøg på jydske sandjorder givet resultater — usædvanligt stort merudbytte for 200 kg superfosfat i forhold til merudbyttet for 1000 kg —, der tyder på ualmindelig høj optagelseskoefficient. Forholdet er endnu langt fra afklaret og undersøgelser deraf er ønskelige, men det må forudses, at man en dag kan fastslå, at på hedefladerne skal der gødes med fosfat på en helt anden måde end på andre jorder, idet det på jord med lav bindingsevne ikke er nødvendigt at opgødske med store mængder fosfat — tværtimod må en sådan opgødskning frarådes på grund af faren for udvaskning af fosfat — side 587.

2. Fosfatets kredsløb i danske landbrug.

Stort kvæghold og opfodring af så godt som hele planteproduktionen er et karakteristisk træk for langt de fleste danske landbrug. Dette medfører, at ejendommens fosfatbeholdning stadig cirkulerer i et kredsløb med meget små tab undervejs.

De væsentligste tab af fosfat fra en ejendom sker gennem salg af planteprodukter — korn, halm, kartofler, sukkerroer og frø — og gennem animalske salgsprodukter, her især slagtedyr, idet hovedparten af sødmælkens fosfat vender tilbage gennem skummetmælken. Dertil må regnes med små tab gennem udvaskning i mødding og mark (Iversen 1945, Iversen & Dorph-Petersen 1949). Tilførsler af fosfat til kredsløbet sker gennem indkøb af foderstoffer — oliekager er fosfatrige — og især ved anvendelse af superfosfat eller anden fosfatgødning.

Resultaterne af forsøg i stald viser, at foderets fosforindhold fordeles på følgende måde (Iversen & Dorph-Petersen 1949):

	pct. af foderets fosforindhold malkekøer	kvier
Foder	100	100
Gødning og ajle	73	92
Mælk	24	—
Tilvækst	3	8

Hvor skummetmælken tages hjem og benyttes som foder, kan man regne med, at over 90 pct. af foderets fosforindhold ender i møddingen.

Gennem statistikken over høsten, ind- og udførsel sammenregnet med det normale indhold af fosfat i de forskellige afgrøder, fodermidler og dyriske produkter, kan der opstilles en kalkulè over landets fosfatomsætning. Som eksempel herpå skal indføjes en sådan beregning for 1934—38 (Dorph-Petersen 1944).

Afgrødernes bortførsel fra marken	Mill. kg P
Korn, kærne	11.4
— , halm	4.4
Rodfrugt, rod	8.7
— , top	1.3
Græs, grønfoder og hø	19.6
Ialt bortført fra marken	45.4
Tab og gevinst ved omsætningen	
+ import af korn og oliekager	10.0
+ indenlandske industriaffaldsfoder	1.3
÷ salg af planteprodukter	2.6
÷ salg af husdyrprodukter	6.1
÷ tab i mødding	2.6
Ialt tilført marken i staldg. og ajle	45.4

Her må indskydes, at der er en betydelig usikkerhed på de fleste af de anførte tal, og at der er sket nogen ændring i tallene fra 1934—38 og til nu. Men trods al usikkerhed viser denne og lignende beregninger (Bondorff 1939 og 1941), at der i staldgødning og ajle tilføres marken næsten ligeså meget fosfat (85—100 pct.), som der bortføres fra marken i afgrøderne. Dertil kommer yderligere tilførslen i superfosfat, som i de senere år har været på 30—40 mill. kg P årlig. D. v. s. at man nu ialt opnår en tilførsel på 150—170 pct. af bortførslen, medens man i mellemkrigsårene regnede med 130—150 pct. af bortførslen og under verdenskrigene med 80—90 pct.

Nationaløkonomisk synes den nuværende overskudstilførsel at være for stor, men i betragtning af, at mange jorder har for ringe fosfattilstand og derfor kræver stor overskudstilførsel og endvidere, at udbytteniveauet stiger stærkt, hvilket gør forøgelse af fosfattilstanden ønskelig for de fleste jorder, tør man ikke fraråde det nuværende store superfosfatforbrug. Kun må man stadig minde om, at forbruget bør lægges på de arealer, der har for ringe fosfattilstand — dog er dette et spørgsmål, som vore planteavlskonsulenter aldrig lader hvile, men stadig arbejder med gennem forsøg, jordbundsundersøgelser m. v.

For hver enkelt ejendom burde der opstilles en beregning over, hvor stor part af afgrødernes fosfatindhold, der føres tilbage til marken i staldgødning og deraf beregnes, hvormeget superfosfat, der skal suppleres med, for at opnå erstatningsdrift. For de fleste brug kan man dog nøjes med at anvende den af forstander Karsten Iversen opstillede tabel (Iversen 1951 m. fl.). I denne regnes der med, at en avl på 4500 f. e. i gennemsnit af et almindeligt 8-årigt sædskifte indeholder samme mængde fosfat som 200 kg superfosfat. Ved opfodring af hele avlen (+ skummetmælk) tabes der 15 pct. af fosfatet, som sælges i de dyriske produkter. Af resten, der hovedsageligt findes i staldgødningen, regnes med et opbevaringstab på 5 pct., hvorefter staldgødningen pr. ha årlig svarer til 162 kg superfosfat. Til opnåelse af erstatningsdrift kræves 38 kg superfosfat pr. ha årlig. Sælges hele avlen, bliver den til erstatningsdrift nødvendige superfosfatmængde derimod 200 kg pr. ha årlig.

Med forskellige afgrødestørrelser og forskelligt salg af planteprodukter kommer man til følgende erstatnings- eller vedligeholdelsesmængder i kg superfosfat pr. ha årlig:

Avlens størrelse	Hele avlen opfodres	½ af avlen sælges	Hele avlen sælges
3000 f. e.	26	80	133
4500 —	38	119	200
6000 —	51	195	266
7500 —	64	198	332

For de fleste landbrug, hvor der sælges lidt korn og enkelte andre planteprodukter, men indkøbes normal mængde foderstoffer, kan der regnes med tallene i første kolonne. Hvor der derimod sælges betydelige mængder korn, sukkerroer eller kartofler, må man benytte de i anden kolonne anførte superfosfatmængder, medens tredie kolonne angiver passende mængder for helt kvægløse landbrug.

Det må dog understreges, at der herved kun opnås balance mellem tilførsel og bortførsel af fosfat. Ønsker man at forbedre jordens fosfattilstand, enten fordi den er konstateret at være for ringe eller fordi man vil imødegå, at den bliver for lav ved stedse stigende afgrødestørrelser, bør superfosfatanvendelsen øges noget ud over de her anførte mængder.

Omvendt kan man på særlig fosfatrig jord anvende mindre fosfat end angivet — ofte kan man nøjes med staldgødningen alene.

Dog vil det sikkert være pædagogisk rigtigt, om lærere og konsulenter ved undervisning og planlægning af gødskning skelner mellem fosfattilførsel til vedligeholdelse af fosfattilstanden og tilførsel til forøgelse af denne.

Normalt anvendes staldgødningen 1—2 gange i sædskiftet fortrinsvis til rodfrugt. Almindeligvis vil det da være praktisk at give den til supplering nødvendige mængde superfosfat i større doser en eller to gange i sædskiftet. Superfosfat bør fortrinsvis anvendes til ikke-staldgødede rodfrugter og udlægskorn, men aldrig til græsmarker. Ud fra de side 608 anførte betragtninger og forsøgsresultater, vil en sådan anvendelsesmetode også være den mest virkningsfulde.

Hvor der ikke anvendes staldgødning i alle marker, bør den efter foranstående tabel for hele ejendommen til vedligeholdelse beregnede mængde superfosfat fordeles således, at de marker, der ikke får staldgødning, tilføres mængder svarende til »hele avlen sælges«, og de staldgødede marker deler resten. Tilførsel til forøgelse af fosfattilstanden beregnes efter hver marks individuelle forhold.

3. Økonomien ved gødskning med fosfat.

Betingelsen for rentabel gødningsanvendelse er, at det af gødningen frembragte merudbytte har større værdi end gødningen. Følgelig er den økonomiske grænse for gødskning, den gødningsmængde, hvorved den sidst tilførte enhed (f. eks. kg) netop frembringer et merudbytte af samme værdi som gødningens pris — på grund af udbyttekurvens form vil den næste enhed gødning give mindre merudbytte og dermed være urentabel.

Hvor selvfølgelige disse forhold er, må man dog ikke ved beregninger over gødningsøkonomien glemme, at der selvsagt må regnes med hele det merudbytte, som den tilførte gødning frembringer i anvendelsesåret og følgende år. Ønsker man — for eenårige forsøg — kun at regne med første års merudbytte, må man som udgift kun regne med den part af gødningen, som denne ene afgrøde har brugt.

For nitratgødninger kan man stort set regne med enårig virkning og derfor beregne økonomien ud fra merudbyttet i anvendelsesåret. Modsat er tilfældet ved fosfatgødninger (og de fleste mikronæringsstoffer), hvor første års merudbytte skyldes en optagelse af 5—20 pct. af gødningen, og hvor der må regnes med en mangeårig virkning. Da man i almindelige forsøg hverken kan få oplysning om det totale merudbytte, som fosfat kan frembringe i en lang årrække, eller hvor stor part, der optages i første (eller få) år, er en direkte beregning af økonomien ved gødskning med fosfat ud fra forsøg nærmest umulig.

Fosfatgødningens økonomi kan dog belyses ad en anden vej. Når en jord er i tilfredsstillende fosfattilstand (eller ringere) vil den alt efter optagelseskoefficienten indeholde en tilgængelig fosfatmængde på 10—50 gange afgrødernes årsforbrug — som norm kan regnes 20 gange årsforbruget eller fosfat svarende til 4000 kg superfosfat pr. ha.

Når der hvert år tilføres samme fosfatmængde, som der bortføres i afgrøderne, vil denne »fosfatkapital« ikke slides op, og derfor er udgifterne derved alene forrentning + nævnte vedligeholdelse. I normale landbrug vil 80—90 pct. af vedligeholdelsen ske gennem staldgødning og planterester, således at den direkte udgift til vedligeholdelsen er køb af superfosfat svarende til 10—20 pct. af afgrødernes fosfatindhold. Er mængden af tilgængeligt fosfat i jorden 10—50 gange afgrødernes årsforbrug og renten 3—5 pct. p. a., bliver renteudgiften 0,3—2,5 gange årsforbruget af fosfat. Som middel kan man regne med, at forrentning + vedligeholdelse vil andrage 2 gange årsforbruget eller prisen på 400 kg superfosfat pr. ha. årlig ved en avl på 4000—5000 f. e. pr. ha. Her i landet har man hidtil kunnet købe et kg superfosfat for prisen på ½-1 f.e. — oftest omkring ½ f.e. D. v. s. at ernæringen af afgrøderne med fosfat (400 kg superfosfat = 200 f.e.) almindeligvis vil koste ca. 5 pct. af avlens værdi. Tages ekstremerne i mængden af tilgængeligt fosfat, forrentningsprocent og prisforhold med, bliver udgiften til fosfat fra 1 til 15 pct. af avlens værdi.

Man må her erindre sig fosfatets udbyttekurve, således som den bedst fremgår af resultaterne fra karforsøg i rent sand og markforsøg på stærkt udpint jord — se fig. 10. Denne udbyttekurve stiger så at sige retlinet for derefter at bøje skarpt om til vandret og først ved meget store fosfatmængder går den nedad igen.

Med en for praksis tilladelig simplificering kan man derfor hævde, at gødskning med fosfat kun koster ca. 5 pct. af avlens værdi, sålænge som fosfattilstanden ikke er helt tilfredsstillende, det vil sige sålænge yderligere fosfattilførsel øger udbyttet, koster den fosfatgødning, der frembringer merudbyttet, kun 5 pct. af merudbyttets pris. Ved fortolkning af forsøgsresultater må man derfor regne med, at superfosfatanvendelse er rentabel, blot den giver merudbytte.

Den praktiske regel, der kan udledes heraf, må blive, at det er økonomisk forsvarligt at gøde med fosfat, således at fosfattilstanden hurtigst muligt bliver tilfredsstillende og derefter vedligeholdes.

Det vil selvsagt være praktisk umuligt at holde netop den grænse, hvor fosfattilstanden lige er tilfredsstillende, det vil sige at yderligere tilførsel ikke hæver udbyttet, medens mindre tilførsel end vedligeholdelsesmængden nedsætter udbyttet ad åre. Da en gødskning med mindre fosfat end denne ideelle plan medfører risiko for alvorlig udbyttenedgang på grund af udbyttekurvens form, må man hellere gøde lidt stærkere end påkrævet. Den for meget anvendte fosfatgødning er at betragte som en unødvendig investering, hvis virkelige årlige udgift kun er forrentningen. Hvor man har stadig stigende udbytteniveau, der kræver stigende fosfattilstand i jorden, betyder en lidt for stærk gødskning kun, at investeringen foretages nogle år før den er nødvendig.

Gødskning med fosfat kan ske efter følgende hovedregler:

1. Jordens fosfattilstand undersøges — herom handler afsnit IV.
2. Om fornødent opgødes til tilfredsstillende fosfattilstand samtidig med, at fosfattilstanden forbedres gennem kalkning til optimal reaktion.
3. Der overholdes erstatningsdrift med fosfat.
4. Hvor udbytteniveauet er stedse stigende, og fosfattilstanden ikke er væsentlig over »tilfredsstillende« tilføres noget mere fosfat end til vedligeholdelse, det vil sige end nødvendigt til erstatningsdrift.
5. Fosfattilstanden undersøges fra tid til anden, hvert 8—12 år.

IV. Bestemmelse af landbrugsjorders fosfattilstand.

Som det fremgår af foregående afsnit, er det af primær betydning at kende en jords fosfattilstand for at kunne gøde den rationelt med fosfat. Og den store variation i fosfattilstanden selv indenfor en ejendom gør detailleret bestemmelse ønskelig.

Det vigtigste forhold med hensyn til kendskabet til fosfattilstanden er at vide, om denne er tilfredsstillende, det vil sige om fosfattilførsel kan øge afgrødens størrelse. Det må dog understreges, at der er tale om et relativt begreb, idet der ved tilfredsstillende fosfattilstand kun forstås, at jorden kan dække afgrødernes behov ved det udbytteniveau, som de øvrige vækstfaktorer muliggør. Kunne jordernes fosfattilstand udtrykkes i absolut mål — talværdier — måtte man vente tilfredsstillende fosfattilstand ved et lavere tal i Midt- og Vestjyllands tørre sandjorder, der kun yder 2000—3000 f.e. pr. ha, end i stærkt drevne lerjorder med en årsproduktion på 6000—7000 f.e.

For jorder med en fosfattilstand, der er ringere end tilfredsstillende, har det dog også betydning at vide, hvor meget ringere den er, for derigennem at kunne vurdere, hvor store tilførsler, der er nødvendige for at undgå misvækst eller til at forbedre fosfattilstanden op til tilfredsstillende.

Der skal i det følgende gives en meget kortfattet omtale af de foreliggende muligheder for at bestemme en jords fosfattilstand, idet hovedvægten lægges på de metoder, der anvendes her i landet.

1. Almindelige iagttagelser og mangelsymptomer.

Foruden egentlige bestemmelser af jordens fosfattilstand kan et solidt kendskab til en jord give gode muligheder for at skønne over dens fosfattilstand. Det må her fremhæves, at en jord, der år efter år giver store, veludviklede og sunde afgrøder, i hvert fald har tilfredsstillende fosfattilstand — muligvis mere end det, men dette kan ikke ses direkte. Endvidere kan nævnes, at gammel »byjord« oftest er velforsynet med fosfat, medens jord, der kun har været dyrket i 30—50 år, ofte har for ringe fosfattilstand. Nyopdyrket hedejord har så godt som altid utilfredsstillende fosfattilstand, og det samme gælder arealer, der ligger langt fra ejendommen såsom vedvarende græsgang. Endvidere kan man regne med, at jorden på ejendomme med stor besætning i reglen har bedre fosfattilstand end på store gårde med lille besætning og stort kornsalg.

Desværre giver fosfatmangel ikke noget letkendeligt symptom på planterne, selv om udbyttet nedsættes kendeligt af mangelen. Der findes ganske vist beskrivelser af fosfat-mangelsymptomer på adskillige afgrøder, men fælles for dem alle er, at de er vanskelige at fastslå med sikkerhed, før mangel har medført stor udbyttenedgang eller misvækst. Deres værdi som gødningsvejledning kan derfor næppe undervurderes. Om mangelsymptomer må henvises til specielle værker, f. eks. »Hunger signs in crops« og »Diagnostic techniques for soils and crops«. (Sidstnævnte indeholder også en omtale af de fleste i dette afsnit omtalte problemer).

Det er foreslået, at man — i lighed med anvendelsen af »kalktrangsplanter« — brugte ukrudsfloraen som indikator for jordens fosfattilstand (Petersen 1946). Dog giver de foreliggende data ikke nogen mulighed for ad denne vej at foretage en blot nogenlunde skarp sondring mellem jorder med utilfredsstillende og tilfredstillende fosfattilstand.

2. Markforsøg.

På grund af fosfatets lave optagelseskoefficient må man i enårige forsøg, der skal tjene til bedømmelse af jordens fosfattilstand, anvende mindst 500 kg superfosfat som prøvegødning. Mindre tilskud vil selv på fosfatfattig jord ikke kunne give så stort merudbytte, at dette kan måles sikkert. (Se forsøget på Borris Nørrehede side 597). Da sådanne forsøg helst også skal vise, hvor meget udbyttet kan sættes op ved anvendelse af superfosfat, bør der prøves op til 2000 kg superfosfat pr. ha. Den bedste forsøgsplan er antagelig et 3-leddet forsøg med 0, 1000 og 2000 kg superfosfat pr. ha og 6 fællesparceller i dobbeltkvadrat.

Et velgennemført markforsøg med 500—2000 kg superfosfat pr. ha som prøvegødning kan give det bedst mulige grundlag for bedømmelse af jordens fosfattilstand. Dog må det bemærkes, at kendelsen »tilfredsstillende fosfattilstand« kun kan afgives, hvis udbyttet på grundgødet kan betegnes som fuld avl på vedkommende jord, og dersom 500—1000 kg superfosfat giver intet eller usikkert merudbytte. Tilsvarende kan diagnosen »fosfatmangel« eller for »ringe fosfattilstand« kun stilles, hvor udbyttet på grundgødet er under »normalt«, og der er sikkert merudbytte for superfosfat (se side 610).

Da rodfrugterne — kål- og bederoer — er de afgrøder, der fordrer de største fosfatmængder, vil det være rigtigst at udføre forsøg til prøvning af fosfattilstanden heri. Er fosfattilstanden tilfredsstillende i rodfrugt, kan man slutte, at den også vil være det i korn og kløvergræs, thi de flerårige forsøg viser altid større merudbytte i rodfrugt end i andre afgrøder (Iversen 1943 og 1946, Land Jensen et al. 1947).

På jorder med utilfredsstillende fosfattilstand vil merudbyttets størrelse give nogen oplysning om, hvor ringe fosfattilstanden er og i forsøg med stigende mængder superfosfat (f. eks. 1000 og 2000 kg), kan man skønne over, hvormeget superfosfat, der skal tilføres, for at fosfattilstanden kan blive tilfredsstillende.

Det er en uimodsigelig kendsgerning, at markforsøget giver det bedste og mest direkte svar på spørgsmålet, om superfosfat giver merudbytte, d. v. s. om jordens fosfattilstand er tilfredsstillende. Men alligevel er der så mange forhold, der gør markforsøget uegnet som almen metode til bestemmelse af jordernes fosfattilstand. Der må her nævnes følgende. Markforsøg er en langsom målemetode, da resultatet tidligst kan foreligge efter en vækstsæson. Dertil kommer, at mange forsøg går tabt ved fejl eller skader, og mange er uegnede til deres formål på grund af plantesygdomme, skadedyr og tørke, som begrænser udbyttets størrelse, så fosfattilstanden forbliver »ubestemt«. Endvidere er markforsøg en dyr metode, og med de nuværende forhold er det kun et meget begrænset antal, der kan udføres årlig. Reelt gælder forsøgets resultater kun for selve forsøgsarealet, og da forsøgsresultaterne selvsagt skal anvendes på et 100—1000 gange så stort areal (der udføres et fosfatforsøg pr. ca. 3000 ha) indføres der her en meget alvorlig fejlkilde eller vilkårlighed. Sidst, men ikke mindst, er markforsøg et alt for groft måleinstrument. For at et merudbytte kan erkendes som sikkert, må det være 6—10 pct. af det samlede udbytte (alt efter antal af forsøgsled og fællesparceller m. v.). Men er fosfattilstanden blot så ringe, at en forbedring deraf kan hæve udbyttet 6—10 pct., så har denne været rentabel for år tilbage.

Det er forfatterens opfattelse, at markforsøg ikke har nogen interesse som selvstændig undersøgelsesmetode af jordens fosfattilstand. Derimod bør der til stadighed udføres markforsøg til verification af resultaterne af kemiske jordbundsundersøgelser, men forsøgene bør da planlægges med dette formål for øje (se side 645).

3. Iagttagelsesstriber.

Selv om mangelsymptomer for fosfat ikke har nogen selvstændig betydning, så kan man dog anvende planternes synlige reaktion overfor fosfat til vurdering af jordens fosfattilstand i de tilfælde, hvor man kan sammenligne væksten på stærkt fosfatgødede parceller med den øvrige mark. Dette kan lettest opnås ved tværs over agrene at anlægge såkaldte iagttagelsesstriber, det vil sige 2—3 m brede (gødningssprederens bredde) striber gødet med ca. 1000 kg superfosfat pr. ha. Ved ringe eller meget ringe fosfattilstand kan man i de fleste afgrøder se en tydelig bedre vækst i striberne end udenfor (Iversen 1950 m. fl.).

I fald fosfattilstanden er helt eller næsten tilfredsstillende, vil væksten i striberne ikke adskille sig tydeligt fra den øvrige mark, men så kan man benytte skridningstidspunktet i byg som indikator. Efter forfatterens iagttagelser i forsøg bliver skridningen i byg forsinket en dag eller to af selv ret svag fosfatmangel, medens stærk mangel udskyder skridningen op til 10 dage. Som eksempel anføres følgende fra et 10 år gammelt forsøg på forsøgsstationen ved Askov 1952.

Gødskning	Udbytte, hkg kærne pr. ha	Skridningen begyndt	Skridningen afsl.
a. Ingen staldgødning, 0 kg supf.	26.6	27/6	10/7
b. — — 200 - - årlig	35.0	21/6	5/7
c. 30 t stg. til roer, 0 kg supf.	35.5	21/6	5/7
d. 30 t - - - 200 - - årlig	41.0	17/6	30/6

Hvis man ikke kan se nogen forskel mellem skridningen i iagttagelsesstriberne og den øvrige mark, betyder dette i reglen, at fosfattilstanden er tilfredsstillende, dog kan vejrforholdene være så gunstige, at selv stærk fosfatmangel ikke hæmmer skridningen væsentlig.

4. Jordbundsanalyser.

I det sidste halve århundrede er der verden over gjort talrige forsøg på gennem kemiske og biologiske laboratorieundersøgelser af små jordprøver at vejlede landmændene i rationel anvendelse af fosfatgødning på de pågældende jorder. De fleste af disse forsøg er vel nok forblevet som forslag, men der er mange metoder — især kemiske — som nu i stedse stigende omfang anvendes i det praktiske vejledningsarbejde.

Om selve teknikken ved laboratorieundersøgelserne kan oplyses følgende:

Biologiske metoder. Fælles for alle biologiske metoder er anvendelsen af væksten af højere planter eller mikroorganismer som mål for jordens fosfattilstand, idet der i laboratorieformat udføres dyrkningsforsøg, ofte med såvel fosfatgødede som ikke-fosfatgødede forsøgsled. Idet der iøvrigt henvises til en ret omfattende beskrivelse af Vandecaveye i »Diagnostic techniques for soils and crops« skal nævnes nogle få biologiske jordbundsundersøgelsesmetoder, hvoraf de to førstnævnte har været anvendt en del i Tyskland.

Mitscherlich's metode er regulære karforsøg omfattende forsøgsled med og uden fosfat (samtidig også med og uden kali). Afgrøden er havre til modenhed, og analysen varer således en sommer (Mitscherlich 1924 og 1930). Modifikationer af metoden er udarbejdet af Stephenson & Schuster 1941 og Borden 1946.

Neubauers kimplantemetode anvender fosfatindholdet i rugkimplanter, der under bestemte vækstbetingelser har vokset 17 dage i en blanding af jord og sand, som mål for vedkommende jords fosfattilstand (Neubauer & Schneider 1923). Modifikationer er foreslået af blandt andet Thornton 1935. Der findes en omfattende litteratur om disse to metoder, ligesom Mitscherlich og Neubauers dyrkningsteknik har fundet stor anvendelse ved undersøgelser af plantefysiologiske spørgsmål m. v. De ofte udmærkede resultater heraf må dog ikke godskrives metodikkens anvendelighed som jordbundsundersøgelsesmetode.

Da mange mikroorganismer er særdeles følsomme overfor fosfatmangel (Bondorff 1918), har man udarbejdet biologiske jordbundsundersøgelser med bakterier eller svampe som »forsøgsafgrøde«. Således har Sackett & Stewart 1931 på grundlag af et arbejde af Winogradsky udarbejdet den såkaldte jordplademetode med Azotobacter som forsøgsplante. Metoden er bearbejdet og beskrevet af Petersen 1933. På tilsvarende måde har Mehlich et al. 1934 udarbejdet en metode, hvor svampen Cunninghamella dyrkes direkte på jorden som indikatorplante.

Ved disse metoder bedømmes mikroorganismernes vækst alene ved skøn eller måling af koloniernes størrelse. I modsætning hertil bestemmer man i en af Niklas et al. 1930 m. fl. udarbejdet metode vægten af svampen Aspergillus niger, der dyrkes i en fosfatfri næringsopløsning tilsat lidt af den undersøgte jord. Denne metode er blandt andet anvendt af Jensen 1953.

Disse biologiske metoder synes mere »naturlige« end de i følgende omtalte kemiske metoder, men når man betænker de i laboratorierne kunstige vækstvilkår, er det usikkert, om planter, dyrkede under sådanne forhold, er bedre indikatorer for jordens fosfattilstand end en rent kemisk analyse. Derfor må resultaterne af biologiske jordbundsanalyser verificeres i forhold til markforsøg, før de anvendes til almindelig vejledning.

Kemiske metoder, hvoraf der findes foreslået et utal, udføres så godt som alle efter følgende princip.

En tørret og sigtet jordprøve af passende størrelse tilsættes en fastsat mængde ekstraktionsmiddel, og efter bestemt tids rystning eller henstand filtreres jorden, og der bestemmes fosfat i filtratet, og dette fosfatindhold bruges, eventuelt efter omregning, som mål for jordens fosfattistand (eller indhold af tilgængeligt fosfat).

Det vil fremgå af afsnit I, at den mængde fosfat, man får opløst på denne måde, især er afhængig af jord-vædske-systemets pH, koncentration af andre ioner, specielt calcium, og dertil påvirkes resultaterne også af forholdet jord:vædske, rystetid m. v. Med den her anvendte terminologi er disse metoder kun bestemmelser af et mer eller mindre veldifineret punkt på opløsningskurven.

Af de foreslåede ekstraktionsmidler kan nævnes følgende: Vand, kulsyremættet vand, fortyndede organiske syrer i bestemt mængde, der bibringer jord-vædske-systemet en reaktion på 2—5, men ikke fikseret — afhængig af jordens reaktion og stødpude. Således er citronsyre foreslået af Dyer allerede i 1894 og anvendt i adskillige jordbundsanalysemetoder siden. Ligeledes er eddikesyre anvendt af flere forskere.

Da fosfatets opløselighed er stærkt afhængig af pH, anvendes der ofte stødpudeblandinger med pH 3—5 som ekstraktionsmiddel. I lighed hermed anvender Bondorff & Steenbjerg 1932 salpetersyre til fikseret pH = 2,5.

I en del metoder anvendes 0,2—0,5 n syre, der giver ekstraktion ved pH under 1, f. eks. Bondorff 1950 og 1952. Endvidere er foreslået NaOH-opløsning eller alkaliske saltopløsninger, calciumkloridopløsning, behandling med vand og fast natriumzeolit, samt elektrolyse.

Her i landet er anvendt følgende tre analysemetoder:

Fosforsyretal, Ft, efter salpetersyremetoden udarbejdet af Bondorff & Steenbjerg 1932. Fosforsyretallet angiver, hvor mange mg PO_4, der går i opløsning, når 40 g jord rystes i 3 timer med en liter fortyndet salpetersyre, således at slutreaktionen = 2,50. En enhed i Ft svarer til 20,4 kg P pr. ha i 20 cm dybde, 2500 t jord. Den fikserede slutreaktion opnås ved at behandle 2—3 jordprøver med lidt forskellige mængder salpetersyre, hvorved opnås pH mellem 2 og 3, hvorpå der udfra pH og fosfatmængde i disse 2—3 bestemmelser interpoleres til fosfat opløst ved pH = 2,5. Metoden har været anvendt på Statens Planteavls-Laboratorium indtil 1. juni 1948.

Fosforsyretal, Ft, efter svovlsyremetoden beskrevet af Bondorff 1950, og anvendt på Statens Planteavls-Laboratorium siden 1. juni 1948. Ved analysen bestemmes den mængde fosfat, der opløses, når 10 g jord rystes i 2 timer med 250 ml 0,2 n svovlsyre, og resultatet omregnes i Ft-enheder = 200 kg P_2O_5 pr. ha (2500 t) = 87,4 kg P.

Mobiliserbar fosfatsyre udtrykt ved fosfattallet, (Mogensen 1938, Møller & Mogensen 1951) anvendes på Hedeselskabets laboratorium. Fosfattallet udtrykker den mængde fosfat — mg PO_4 pr. liter, der går i opløsning, når 10 g jord rystes i 6 timer med 250 ml vand og 10 g natriumzeolit.

Selv om det ikke nævnes i publikationerne, må det skønnes, at de fleste analysemetoder tilsigter at bestemme jordens fosfattilstand og at man derfor ønsker, at metoden er følsom overfor de faktorer, der ændrer fosfattilstanden gennem påvirkning af optagelseskoefficienten — her især jordens reaktion. Derimod kan analysemetoder, der anvender syre til pH under 1 (f. eks.

Ft efter svovlsyremetoden), kun tænkes at give et udtryk for den tilgængelige mængde fosfat.

Betingelsen for at biologiske og kemiske jordbundsundersøgelser kan anvendes som praktisk vejledning for gødskning med fosfat er, at de ved jordbundsundersøgelsen fundne talværdier (for jordens fosfatindhold opløst under de givne betingelser) har relation til enten jordernes fosfattilstand eller jordernes indhold af tilgængeligt fosfat.

Det må erindres, at jordens fosfattilstand er en relativ størrelse, der kun kan angives skønsmæssigt ud fra resultaterne af markforsøg og følgelig kan der ikke drages en eksakt sammenligning mellem jordernes fosfattilstand (selv om den angives i talværdier), og resultater af kemiske undersøgelser af samme jorder. For jordernes mængde af tilgængeligt fosfat gælder tilsvarende, idet størrelsen deraf kun kan skimtes ud fra resultater af almindelige fosfatforsøg og kun bestemmes med nogen begrænsning i karforsøg med mærket fosfat.

Ved de sammenligninger, der hidtil er foretaget mellem markforsøg og jordbundsanalyser, har man benyttet en eller flere af følgende sammenligninger på resultaterne fra en serie forsøg: 1. analysetal contra merudbyttet for en bestemt mængde superfosfat; 2. analysetal contra udbytte på ikke-fosfatgødet jord; 3. analysetal contra relativt merudbytte, det vil sige merudbytte i pct. af udbyttet på grundgødet. For alle tre sammenligninger gælder det, at selv om analysetallene fejlfrit udtrykker jordernes fosfattilstand eller deres indhold af tilgængeligt fosfat, vil disse relationer ikke blive entydige, fordi såvel udbyttet uden fosfat som merudbyttet for fosfat også påvirkes af alle de øvrige vækstfaktorer (Dorph-Petersen 1943 og 1948). Det er kort sagt forfatterens opfattelse, at det er umuligt at angive en eksakt metode til sammenligning mellem resultater af jordbundsanalyser og dyrkningsforsøg i samme jorder. Man kan ved sammenligning af forsøgsresultater og jordbundsanalyser højest nå et skøn over vedkommende analysemetodes brugbarhed, og derfor er vurdering af flere analysemetoders indbyrdes værdi meget problematisk.

Om afprøvning eller verification med markforsøg af de her i landet anvendte tre jordbundsanalyser for fosfat kan resumeres følgende:

Ft efter salpetersyremetoden er i flere forsøgsserier sammenlignet med merudbyttet for bestemt superfosfattilskud (Bondorff 1933, Bondorff & Damsgaard-Sørensen 1942, Iversen 1950) og der er fundet, at merudbyttet gennemsnitlig er størst ved lave fosforsyretal og aftager med stigende Ft-værdier i jorden, men at »spredningen« i merudbyttetallene er stor ved alle Ft-værdier. Man kan heraf slutte, at i mange af jorderne (men utvivlsomt ikke i alle) er Ft udtryk for jordernes fosfattilstand.

Tilsvarende sandsynliggøres ud fra det forhold, at tiltagende Ft-værdier i en række jorder følges af tiltagende gennemsnitligt udbytte på grundgødet (Iversen 1950).

For en serie på 331 forsøg med 0 og 1000 kg superfosfat pr. ha i 2 eller flere år, er jordernes fosfattilstand bedømt med tallene 1—6 ud fra forsøgsresultaterne - se side 619 (Land Jensen et al. 1947). Der blev her fundet god overensstemmelse mellem Ft og fosfattilstandens værdi, selv om nogle forsøg (kalkholdige jorder og nogle østjydske lerjorder) viste tydelige afvigelser.

Der er i flere forsøg vist, at Ft tiltager ved tilførsel af superfosfat, men også i lige så høj grad ved tilførsel af råfosfat. Sidstnævnte må betragtes som en fejl, når metoden skal måle jordens fosfattilstand, der forbedres mere ved tilførsel af superfosfat end ved samme mængde fosfat i råfosfat (Iversen & Dorph-Petersen 1948, Iversen 1950).

I kalkforsøg tiltager Ft med stigende reaktion, hvilket må anses for en fordel, da fosfattilstanden forbedres ved kalkning af sur jord (Dorph-Petersen 1947 og 1953).

Når der tages forbehold for humusjorder, kalkjorder og nogle østjydske lerjorder, hvor fosforsyretallene ligger på et andet niveau end for de øvrige jorder, kan man betragte Ft efter salpetersyremetoden som et brugbart udtryk for jordernes fosfattilstand.

Der foreligger endvidere undersøgelser over usikkerheden ved prøveudtagningen i marken (Dorph-Petersen 1943, Bundgaard et al. 1944) samt over fosforsyretallets variation året igennem (Kristensen & Steenbjerg 1947, Dorph-Petersen 1950).

Mobiliserbar fosforsyre, fosfattal, er sammenlignet med Ft-salpetersyremetoden af Bondorff & Damsgaard-Sørensen 1942 og med flere andre metoder af Iversen 1950. For så vidt man ud fra markforsøg kan sammenligne jordbundsanalyser efter forskellige metoder, må man skønne, at fosfattallet er et lige så godt udtryk for jordens fosfattilstand, som de øvrige prøvede analysetal.

Ft efter svovlsyremetoden, må betragtes som et udtryk for jordens indhold af tilgængeligt fosfat, og afprøvning af analysemetoden bør indrettes herefter. I første omgang er denne metode alene verificeret ud fra korrelationen mellem Ft efter salpetersyremetoden og Ft efter svovlsyremetoden i 3410 tilfældigt valgte jordprøver (Bondorff 1950). Endvidere er Ft efter svovlsyremetoden (kaldet St) sammenlignet med resultaterne af 119 forskelligartede danske, norske og svenske markforsøg (Iversen 1950). Da man kun kan få et ret vagt begreb om jordens indhold af tilgængeligt fosfat ud fra forsøgsresultaterne, kan man af sidstnævnte sammenligning kun drage den slutning, at Ft efter svovlsyremetoden kan være et mål for jordernes tilgængelige fosfat, men forsøgsserien er for kort og uensartet til endelig bedømmelse.

Samme sted er vist, at Ft efter svovlsyremetoden stiger ret ens ved tilførsel af samme mængde fosfat i super- og råfosfat, hvilket en anlyse, der skal udtrykke mængden af tilgængeligt fosfat, også bør.

Kalkning ændrer kun lidt på Ft efter svovlsyremetoden, og dette er i sin orden, hvis kalkningens forbedring af fosfattilstanden hovedsagelig er en forøgelse af optagelseskoefficienten. Endvidere foreligger der undersøgelser over analysenøjagtigheden (Henriksen 1952).

Som helhed må siges, at der endnu mangler en del forsøgsarbejde, inden man kan fastslå, om dette Ft er et udtryk for jordens tilgængelige fosfat. Derimod ville en samlet opgørelse af de siden 1948 udførte forsøg antagelig kunne vise, om dette Ft er brugbart som praktisk vejledning, men her har konsulenternes erfaringer sikkert allerede afbødet savnet af mere omfattende opgørelse.

Ved anvendelsen af Ft — hvorved der nu menes fosforsyretal efter svovlsyremetoden — må man holde sig for øje, at dette fosforsyretal sandsynligvis udtrykker mængden af tilgængeligt fosfat, og derfor vil to jorder med ens Ft kun reagere ens som fosfatkilde for planterne, hvis alle forhold, der påvirker optagelseskoefficienten, er så godt som ens — det vil sige især jordtype og reaktion. Derfor bør en verification af Ft begynde med fastsættelse af »grænsetal« indenfor ret små områder med samme jordtype. De grænsetal, der bør stiles mod, er i første linie det Ft, hvorover jordens fosfattilstand er tilfredsstillende, og endvidere bør man fastlægge det Ft, hvorunder der må regnes med misvækst uden fosfattilførsel, men sidstnævnte er mere usikkert defineret.

Til verification kan bedst anvendes gode markforsøg (med 0, 1000 evt. 2000 kg superfosfat pr. ha) på ikke-staldgødede jorder med så forskellige Ft-værdier, som findes indenfor pågældende jordtypeområde. Endvidere kan iagttagelse af afgrøderne på alle arealer, hvori der er bestemt Ft, tjene til underbyggelse af de grænsetal, der er fremgået af forsøgene.

Det må forudses, at disse grænsetal ikke bliver helt ens for alle jordtyper, og at jordens reaktion også må tages i betragtning ved anvendelse af Ft i gødskningsvejledningen. Det er fosfatterens opfattelse, at de fleste planteavlskonsulenter har ret god erfaring for, hvor højt Ft skal være, for at fosfattilstanden er tilfredsstillende på de jordtyper, som de arbejder med. Ud fra sit kendskab til de senere års forsøgsarbejde (hvor der foreligger Ft efter svovlsyremetoden) mener forfatteren at kunne skønne, at jorder med Ft over 4—6 har tilfredsstillende fosfattilstand, medens der ved lavere Ft oftest opnås merudbytte for superfosfat, og under Ft 1,5—2 lider så godt som alle afgrøder af alvorlig fosfatmangel. Derfor må man, indtil bedre verification forefindes, regne med, at jorder med Ft under 4 har for ringe fosfattilstand (muligvis også nogle jorder med Ft 4—6). Som det fremgår af afsnit III er det forfatterens opfattelse, at alle jorder bør bringes i tilfredsstillende fosfattilstand, og dette vil igen sige, at i hvert fald de jorder, der har Ft under 4, bør tilføres så meget fosfat ekstra (ud over den normale vedligeholdelsesmængde til at erstatte afgrødernes bortførsel), at Ft hæves til ca. 4. Da en

Ft-enhed er 200 kg P_2O_5 pr. ha (20 cm pløjelag), skal der teoretisk set tilføres ca. 1200 kg superfosfat for at hæve Ft med en enhed, men i praksis ofte 1600—1800 kg.

For jorder med Ft 4—6 bør man i hvert fald overholde erstatningsdrift — det vil sige lige så stor tilførsel af fosfat som bortførelsen i afgrøderne (se side 630) og et lille overskud i tilførselen kan anbefales. Kun ved væsentlig højere Ft tør man tilråde at anvende mindre fosfatgødning.

Selvfølgelig kan der nemt fremdrages forsøgsresultater, der viser, at disse simple regler er forkerte på vedkommende jord. Dette kan skyldes, at denne jordtype reelt har andre grænseværdier — hvilket som nævnt foran må forudses at kunne forekomme. Men det kan også skyldes usikkerhed ved forsøgene. Her skal blot påpeges det velkendte forhold, at man i flerårige forsøg kan få meget forskellig bedømmelse af jordens fosfattilstand ved at betragte de enkelte års resultater hver for sig.

Desværre er der vel ikke noget emne indenfor dansk planteavl, der har været så omdiskuteret i de sidste 20 år som netop anvendeligheden eller værdien af fosforsyretallene, og denne diskussion har næppe bragt større klarhed over problemet eller ført til dets løsning. Forfatteren skal her kun fremføre det synspunkt, at man ikke med nogen rimelighed kan opstille spørgsmålet, hvorvidt markforsøg eller jordbundsanalyser giver den bedste vejledning i fosfatgødskning, thi for de fleste landmænd er mulighederne kun: jordbundsanalyser eller ingenting, og set ud derfra, er jordbundsanalyserne værdifulde, blot de er bedre end ingenting.

5. Planteanalyser.

Når man vil bestemme en jords fosfattilstand, er det en naturlig tanke at undersøge de på jorden voksende kulturplanter for derfra at afgøre, om disse planter har manglet fosfat eller ikke. Der foreligger også mange arbejder om planteanalyser til bestemmelse af jordens fosfattilstand eller tilgangen af andre plantenæringsstoffer, men ingen af de foreslåede metoder har vundet nogen praktisk anvendelse.

De ældre arbejder i dette spørgsmål omfatter bestemmelse af det totale fosfatindhold i hele planter eller store dele deraf

— kærne og halm i korn, rod og top i rodfrugt — men der fremkom ikke metoder til bestemmelse af fosfattilstanden som resultat heraf (Hall 1905, Hartwell et al. 1917, Pfeiffer et al. 1919, Münter 1919, Alway et al. 1926). Da adskillige af disse undersøgelser viste, at fosfatindholdet var mindre varierende i frø, roer og rodknolde end i stængel og blade, har senere arbejder med diagnostiske analysemetoder i reglen omfattet de vegetative organer. Især har bladanalyser været anbefalet som grundlag for næringsmangeldiagnose (Lundegårdh 1934, 1938, 1939, 1941, 1945 og 1951. Thomas et al. 1938 og 1945, Chapman 1941, Chubb & Atkinson 1948).

Andre undersøgelser har taget sigte på at anvende plantesaften som næringsstofindikator (Gilbert & Hardin 1927, McCool & Weldon 1928, Pettinger 1931, Pierre & Pohlman 1933, Pohlman 1935).

Ud fra undersøgelser, der viste, at planternes (særlig bladenes) indhold af uorganisk fosfat var langt mere påvirkeligt af fosfatgødskning end det totale fosfatindhold, er der udarbejdet diagnostiske metoder bygget på bestemmelse af letopløseligt fosfat i grønne blade (Chapman 1935, Thornton et al. 1939, Scarseth 1943). Se endvidere »Diagnostic techniques for soils and crops«.

For samtlige foreslåede analysemetoder gælder det, at man må have nøje kendskab til det pågældende planteorgans fosfatindhold ved forskellig fosfattilførsel og ved forskellig konstellation af de øvrige vækstfaktorer, for at kunne slutte fra analyseresultater til jordens fosfattilstand eller blot at kunne afgøre, om planterne har lidt af fosfatmangel. Men de fleste af de foreslåede diagnostiske analysemetoder bygger ikke på et så stort forsøgsmateriale, at man med nogenlunde sikkerhed kan anvende dem — og de er heller ikke blevet anvendt (se Steenbjerg 1945).

V. Oversigt.

Enhver plante skal optage fosfor for at leve og vokse. Da fosfor normalt kun optages som (orto)fosfat fra jorden, bliver fosfatets forhold i jorden, samt planternes evne til at optage fosfat fra jorden, det teoretiske grundlag for vejledning i gødskning med fosfat.

Med store variationer indeholder dansk agerjord gennemsnitlig 0,04 pct. P svarende til 1000 kg P pr. ha i et 20 cm pløjelag. Denne fosformængde findes i såvel uorganiske om organiske forbindelser oftest med omkring halvdelen i hver gruppe. De organiske fosforforbindelser — hovedsagelig proteinstoffer og fytater — udgør en bestanddel af jordens humusindhold, det vil sige dødt organisk stof, der til stadighed undergår en meget langsom nedbrydning eller mineralisering. At nedbrydningen af organiske fosforforbindelser er meget langsom, ses deraf, at en årlig tilførsel på 1—5 kg P i organiske forbindelser i staldgødning og planterester kan vedligeholde en humusmængde med 400—500 kg P pr. ha. Flere kulturforanstaltninger — især kalkning — kan forøge mineraliseringshastigheden og dermed nedsætte jordens indhold af organiske fosforforbindelser noget.

De uorganiske fosforforbindelser omfatter en lille part i form for apartitkrystaller eller lignende, der er indlejret i silikater i sten, grus og mindre uforvitrede partikler, men da dette fosfat blotlægges uendeligt langsomt ved forvitring, kan man fra et planteavlssynspunkt se helt bort derfra.

De øvrige uorganiske fosforforbindelser kan indordnes i følgende grupper. 1. Tungtopløselige fosfater af jern, aluminium og calcium, der er udfældet på jordens partikler. Hvilket af disse fosfater, der dannes i en jord, afhænger hovedsagelig af jordens reaktion, da de fleste jorder indeholder mere end nok af de nævnte kationer til at udfælde den tilstedeværende fosfatmængde. I sure jorder (Rt under 6) dannes der hovedsagelig ferri- og aluminiumfosfater, medens calciumfosfater (hydroxylapatit) er dominerende i neutrale og alkaliske jorder. 2. Fosfat bundet adsorptivt til eller absorptivt i jordkolloiderne. Sidstnævnte er at opfatte som kæmpemolekyler med såvel syre- som baseegenskaber og kan derfor adsorbere såvel kat- som anioner. Anionbindingen, herunder bindingen af fosfat, forekommer dog især i sur jord. Muligvis kan fosfatet også indgå i — absorberes i — selve kolloidet, ligesom nogle fosfater har kolloidal natur. 3. Fosfat opløst i jordvædsken — som fosfationer — udgør i reglen under 1 mg P pr. kg vædske, således at der selv med et vandindhold på

1000 t pr. ha (= 100 mm nedbør) er opløst mindre end 1 kg P pr. ha.

Fosfatet i de her nævnte tre grupper (absorptivt bundet måske undtaget) danner et ligevægtssystem således, at der frigøres, opløses fosfat fra den faste fase, når der — f. eks. af planterne — fjernes fosfat fra jordvædsken. Omvendt vil en tilførsel af fosfat til jordvædsken i form af vandopløseligt gødningsfosfat (superfosfat) bevirke en vandring af fosfat ind i den faste fase — dette betegnes her som fosfatbinding. I mange jorder er det en stor part af fosfatindholdet — op til halvdelen — der deltager i dette ligevægtssystem, men alligevel er det kun en yderst ringe part deraf, der findes i jordvædsken. Ved store ændringer i jordvædskens fosfatkoncentration — ved gødskning med superfosfat — forløber bevægelsen i ligevægtssystemet, her bindingen, ret hurtigt, men hastigheden aftager, og det varer meget længe, før ligevægten er helt genoprettet. Der er en grænse for, hvor meget fosfat en jord kan binde, men det er i almindelighed meget store mængder. For pløjelaget svarer den maksimale binding til 10—400 t superfosfat pr. ha. Også jord, der giver fosfat nok til afgrøderne, kan binde store mængder fosfat.

Systemets ligevægtstilstand og dermed koncentrationen af fosfat i jordvædsken er afhængig af en række faktorer. Af disse er mængden af fosfat i systemet, jordens art (ler eller sand), dens indhold af jern-, aluminium- og calciumforbindelser, og systemets reaktion de vigtigste.

På grund af jordvædskens lave fosfatindhold sker der kun meget små bevægelser i jordskorpens fosfatforbindelser, og tab af fosfat fra jorden med dræn- eller grundvand er meget lille i almindelige jorder — oftest under 1 kg P pr. ha årlig.

Planterne optager fosfat fra jordvædsken, hvorved ligevægten mellem fosfat i jord og jordvædske forstyrres, og der opløses fosfat. Afgørende for planternes fosfatoptagelse er dog, at de ved deres livsprocesser indvirker på ligevægtstilstanden for fosfatets fordeling i jord-vædske-systemet. Planterødderne udskiller CO_2, der nedsætter reaktionen lige om rødderne, og herved forøges fosfatkoncentrationen i jordvædsken. Muligvis udskiller rødderne også organiske syrer, der virker på samme måde. Endvidere kan planternes optagelse af calciumioner fra jordvædsken bevirke højere fosfatkoncentration deri.

De her omtalte forhold, der er sammendraget af mange kemiske undersøgelser af jord samt af plantefysiologiske forsøg, falder godt sammen med følgende hovedresultater af karog markforsøg. Man må ud fra sådanne forsøg antage, at normal agerjord indeholder en tilgængelig fosfatmængde, der er 10—50 gange så stor som afgrødernes årlige forbrug, men at optagelsen herfra er så langsom, at hver afgrøde kun kan få en lille brøkdel deraf — denne kaldes optagelseskoefficienten — og er af størrelsesordenen 0,02—0,10. På grund af denne lille optagelseskoefficient er det nødvendigt, at jorden indeholder nævnte fosfatmængde på 10—50 gange årsforbruget for at få fuld avl derpå, og forsøg har vist, at meget fosfatfattige jorder skal tilføres 2—4 tons superfosfat for at nå op på fuldt udbytte, trods afgrødernes fosfatindhold kun svarer til 200 kg superfosfat, det vil sige, at man må tilføre 10—20 gange årsforbruget. Det må endvidere antages, at vandopløseligt fosfatgødning simpelthen indgår i jordens fond af tilgængeligt fosfat og virker som dette, det vil sige med en lille brøkdel optaget hver år, men virkning i mange år — dog har frisk tilført fosfat lidt højere optagelseskoefficient end det øvrige tilgængelige fosfat.

I normale jorder sker der kun ringe overgang fra tilgængeligt til utilgængeligt fosfat (der omfatter organiske fosforforbindelser samt silikatbundet fosfat), og da tabet af fosfat ved udvaskning er ubetydeligt, sker der kun afgang af tilgængeligt fosfat gennem fjernelse af afgrøder. Det må derfor antages, at en jords fond af tilgængeligt fosfat kan vedligeholdes ved at tilføre ligeså meget fosfat i gødning, som der fjernes i afgrøderne, og flere langvarige forsøg har sandsynliggjort denne antagelse.

Til denne rent skematiske fremstilling, der siger, at planternes fosfatoptagelse er bestemt af jordens indhold af tilgængeligt fosfat og dettes optagelseskoefficient, må dog tilføjes oplysninger om et par andre forhold. Optagelseskoefficientens størrelse er antagelig bestemt af jordtypen, ligesom jordens reaktion også har indvirkning herpå, idet kalkning af sur jord forbedrer planternes mulighed for fosfatoptagelse, antagelig fordi optagelseskoefficienten øges. Dertil kommer, at kalkning forøger mineraliseringen af de organiske fosforforbindelser og derved øger mængden af tilgængeligt fosfat.

Endvidere er optagelseskoefficienten påvirket af planterne, således at forskellige plantearter optager vidt forskellige mængder fosfat fra samme jord, og for samme art er optagelsen afhængig af gødskningen med de øvrige næringsstoffer samt af de andre vækstfaktorers tilstand.

Ved undervisning og vejledningsarbejde vil det være praktisk at anvende eet begreb om jorden som fosfatkilde for planterne fremfor at operere med de to størrelser: tilgængeligt fosfat og dets optagelseskoefficient. Der kan passende anvendes begrebet jordens fosfattilstand, hvorved forstås jordens evne til at stille fosfat til planternes rådighed, eller rigtigere afgrødernes mulighed for at optage fosfat fra jorden. Når man ser bort fra planteartemes forskellige evne til at optage fosfat fra samme jord og tager fosfattilstanden som et praktisk betonet begreb, der er udtryk for de almindelige landbrugsafgrøders gennemsnitlige mulighed for fosfatoptagelse, kan man ud fra almindelige markforsøg med superfosfat skønne sig til jordens fosfattilstand (derimod kan man ikke bedømme mængden af tilgængeligt fosfat eller dets optagelseskoefficient ud fra almindelige forsøg — derfor anvendelsen af begrebet fosfattilstand). I forsøg, hvor grundgødet (uden superfosfat) giver lavt udbytte og superfosfat (1000—2000 kg pr. ha) giver stort merudbytte, må jordens fosfattilstand betegnes som ringe eller dårlig (eventuelt meget ringe). Hvor der derimod er fuld afgrøde på grundgødet og intet merudbytte for superfosfat, kan fosfattilstanden bedømmes som tilfredsstillende. Forsøg, der giver lavt udbytte af grundgødet og intet eller ringe merudbytte for superfosfat, kan ikke tjene til at bedømme fosfattilstanden, idet det da har været en anden vækstfaktor, der har begrænset udbyttet.

For den enkelte landmand har det især interesse at få konstateret, om jordens fosfattilstand er tilfredsstillende, det vil sige, om jorden uden fosfatgødskning kan give fuld afgrøde, og at tilskud af superfosfat ikke giver merudbytte.

Med de normale prisforhold vil det altid kunne betale sig at bibringe en jord tilfredsstillende fosfattilstand og vedligeholde den, så den stadig er tilfredsstillende.

Er jordens fosfattilstand ikke tilfredsstillende, kan den øges noget ved at kalke jorden op til den reaktion, der erfaringsmæssigt er optimal for vedkommende jordtype — noget højere for lerjorder end for sandjorder. Yderligere forbedring må ske ved tilførel af fosfat, enten ved en stor engangsdosis eller gennem flere år. For særlige fattige jorder må engangsdosis på 1—2 tons superfosfat pr. ha foretrækkes, da opgødskning gennem en årrække medfører for små afgrøder i de første år.

Er en jords fosfattilstand tilfredsstillende, kan den vedligeholdes på samme niveau ved at tilføre ligesåmeget fosfat i gødning, som der bortføres i afgrøderne. I de almindelige danske landbrug med stort kvæghold og opfodring af det meste af avlen, vil 85—90 pct. af afgrødernes fosfatindhold føres tilbage til markerne i staldgødning m. v. Til supplering — for at holde erstatningsdrift, det vil sige opnå balance mellem til- og bortførsel — kræves derfor kun små mængder superfosfat — se tabel side 631. På grund af det stedse stigende udbytteniveau er det ikke nok, at jordens fosfattilstand holdes på samme niveau, men den må stadig øges for stadig at være tilfredsstillende. Derfor må der til vedligeholdelse af tilfredstillende fosfattilstand tilføres noget mere superfosfat end nævnte tabel angiver.

Gødskning med fosfat kan ske efter følgende hovedregler:

1. Jorden fosfattilstand undersøges.

2. Om fornødent opgødes til tilfredsstillende fosfattilstand, samtidig med at fosfattilstanden forbedres gennem kalkning til optimal reaktion.

3. Der overholdes erstatningsdrift med fosfat — de nødvendige mængder superfosfat til supplering af staldgødningen kan dog tilføres ad en eller to gange i sædskiftet, fortrinsvis til rodfrugt.

4. Hvor udbytteniveauet er stedse stigende og fosfattilstanden ikke er væsentlig over tilfredsstillende, tilføres noget mere end nødvendig for erstatningsdrift.

5. Fosfattilstanden undersøges fra tid til anden — hvert 8—12 år.

Undersøgelse af jordens fosfattilstand sker sikrest gennem markforsøg med superfosfat (1000 kg pr. ha), men denne vej er i reglen for langsom og for dyr, og forsøgets resultater har kun gyldighed for selve forsøgsarealet. Derfor må man normalt betjene sig af jordbundsanalyser, hvis resultat udtrykkes i fosforsyretallet, Ft. Da den nu anvendte analysemetode kun er anvendt fra 1948, og der ikke foreligger en samlet bearbejdelse af analyseresultater og forsøgsresultater, kan der ikke gives velunderbyggede generelle regler for, hvor højt fosforsyretallet skal være, for at jordens fosfattilstand må anses for at være tilfredsstillende. Man må indtil videre anvende fosforsyretallene efter de stedlige konsulenters erfaringer. Det er forfatterens opfattelse, at jorder med Ft over 4—6 oftest har tilfredsstillende fosfattilstand, medens afgrøder på jorder med Ft under 1,5—2 næsten altid lider af fosfatmangel. Indtil bedre vejledning kan gives, må man tilsigte, at jorder med Ft under 4 tilføres så meget fosfat ekstra (ud over de til erstatningsdriften nødvendige mængder), at Ft hæves til ca. 4. Dertil vil kræves 1200—1800 kg superfosfat pr. ha for hver enhed i fosforsyretallet.

SUMMARY

The Soil as a Source of Phosphorus for Plants.

The present contribution is a review of some of those investigations and field experiments that deal with the relationships of phosphorus from an agricultural point of view. Particular stress has been laid on the problems of chief interest under conditions in Denmark, and the practical and economic questions concerning phosphate fertilization have been dealt with from the premises obtaining in Danish agriculture. The paper, in itself only a review, is concluded with the following summary relating to practical farming conditions.

In order to live and grow, all plants must assimilate phosphorus which is normally taken up from the soil exclusively as orthophosphate. Therefore its behaviour in the soil and the capacity of the plants for phosphorus uptake form the theoretical basis for advisory work on the application of phosphatic fertilizers.

Danish field soils have an average content, subject to large variations, of 0.04 pct phosphorus, corresponding to 1000 kg per hectare in 20 cm top soil. This quantity of phosphorus is present partly as inorganic and partly as organic compounds, approximately half of each. The organic phosphorus compounds, mainly nucleoproteins and phytates, represent a fraction of the soil humus — the dead organic matter that is constantly undergoing a slow decomposition and mineralization. The slow rate at which the organic phosphorus compounds are decomposed is evidenced by the fact that an annual supply of 1 to 5 kg of organic phosphorus in farmyard manure and plant

residues is sufficient to maintain a content of humus with 400 to 500 kg phosphorus per hectare. Various measures of cultivation, particularly liming, may accelerate the decomposition and thus to some extent lower the content of organic soil phosphorus.

The inorganic phosphorus compounds comprise a small fraction represented by apatite crystals, etc., enclosed by silicates in stones, gravel, and smaller unweathered particles. This phosphate fraction may be disregarded from the point of view of plant cultivation, since it is only made available through weathering with extreme slowness. The remaining inorganic phosphorus compounds may be divided into the following groups:

1. Slightly soluble phosphates of iron, aluminium, and calcium, precipitated on the surfaces of soil particles. The formation of these various phosphates depends largely on the reaction of the soil, since most soils contain more than sufficient of the said cations for precipitation of the amount of phosphate present. Ferric and aluminium phosphates are mainly formed in acid soils (at pH less than 6.0) while calcium phosphate (hydroxyl apatite) predominates in neutral and alkaline soils.

2. Phosphate bound by soil colloids through absorption or adsorption. The colloids, being giant molecules of amphotheric character, are able to adsorb cations as well as anions, but the fixation of anions, including phosphate, is prevalent in acid soils. Phosphate ions may also possibly enter the colloid molecule itself (absorption), and certain phosphates possess colloidal character.

3. Dissolved phosphate occurring as phosphate ions in the soil solution usually accounts for less than one mg phosphorus per liter of soil solution. Thus even a soil with 1000 tons of soil solution per hectare (equal to 100 mm prepitation) contains rather less than one kg dissolved phosphorus per hectare.

The phosphate in these three groups, with the possible exception of that bound by absorption, forms a system of equlibrium where phosphate is liberated by dissolution from the solid phase when phosphate is removed from the soil solution, e.g., through uptake by the plants. Conversely an addition of soluble phosphate (e.g., superphosphate) to the soil solution results in a transfer of phosphate to the solid phase. This latter process is here termed phosphate fixation. In many soils a large proportion of the phosphate content (up to one-half) takes part in this system of equilibrium, yet only an extremely small proportion is found in the soil solution. If a great change in the phosphate content of the soil solution is brought about by fertilization with superphosphate, the change in equlibrium (in this case phosphate fixation) takes place rapidly at first, but at a decreasing rate, and a long time is taken to re-establish complete equilibrium. The amount of phosphate that can be fixed by a soil is limited but usually very large, the maximum phosphate-fixing capacity of surface soil equals 100 to 400 tons of superphosphate per hectare. Even soils that supply sufficient phosphate to the crops may fix large quantities of phosphate. The equlibrium of the system, and hence the concentration of phosphate in the soil solution, depends on several factor, the most important of which are the amount of phosphate in the system, the character of the soil (sand or loam), its content of iron, aluminium, and calcium, and the reaction (pH) of the system.

Fluctuations in the phosphorus compounds of the surface soil are only small, owing to the lov phosphate concentration of the soil solution, and loss of phosphate in drainage and ground water is negligible in normal soils (mostly less than one kg phosphorus per hectare per annum), but may become economically significant in acid sand soils of low iron content.

Uptake of phosphate from the soil solution by the plants disturbs the equilibrium between phosphates in the soil solution and the soil, and phosphate passes into solution. A decisive moment in the phosphate uptake by plants is the influence of their biological activities on the equilibrium of phosphate distribution in the soil/soil solution system. The plant roots excrete carbon dioxide that lowers pH in the immediate vicinity of the roots, and thus the phosphate concentration in the soil solution is increased. Possibly the plant roots may also excrete organic acids acting in the same way. Furthermore the plant uptake of calcium ions from the soil solution may increase its phosphate concentration.

These relationships, summarized from numerous chemical soil analyses and experiments in plant physiology, agree well with the general results of pot and field experiments. Such experiments lead to the conclusion that normal soils contain an amount of available phosphate 10 to 50 times as high as the annual phosphorus consumption of the crops, but that the rate to uptake is so slow that each crop obtains only a small fraction of the total available phosphate. This fraction is called the coefficient of uptake, and is of the order of 0.02 to 0.10. This small value of the coefficient of uptake renders it necessary that the soil in order to provide maximum crop yield should contain phosphate in quantities 10 to 50 times the annual consumption. Experiments have shown that soils very poor in phosphate require applications of 2 to 4 tons superphosphate per hectare in order to reach maximum yielding capacity, despite the fact that the phosphate content of the crops is only equivalent to 200 kg superphosphate; in other words, an amount 10 to 20 times the annual phosphate consumption must be supplied. It must further be assumed that water-soluble phosphate added as fertilitzer simply enters the soil capital of available phosphate and acts in the same way as this, with a small fraction being taken up annually, although recently applied phosphate shows a slightly higher coefficient of uptake than the remaining available phosphate.

In normal soils there is only a slight transfer from available to non-available phosphate, the latter including organically-bound as well as silicate-bound phosphate, and since the loss of phosphate by laeching is insignificant, available phosphate is only lost to the soil through removal by the crops. It therefore seems justified to assume that the soil capital of available phosphate can be maintained by supplying the same quantity of phosphate in fertilizers as is removed by the crops, and several long-term experiments have substantiated this assumption.

This purely schematic exposition, according to which the phosphate uptake by plants is regulated by the soil content of available phosphate and its coefficient of uptake, requires the consideration of a few other factors. The magnitude of the coefficient of uptake depends on the soil type, and is also influenced by the reaction; the improved opportunities of the plants for phosphate uptake due to liming must probably be ascribed to an increase in the coefficient of uptake. Liming furthermore accelerates the mineralization of organic phosphorus and thus adds to the amount of available phosphate. Finally plants have an influence on the coefficient of uptake, inasmuch as different plant species take up widely different quantities of phosphate from the same soil, and within the same species the phosphate uptake depends on the supply of other nutrients as well as other growth factors in general.

For purposes of instruction and advisory work it would be preferable to use a single concept for the soil as source of phosphate for the plants, rather than the dual concept: available soil phosphate, and its coefficient of uptake. The ability of the soil to supply phosphate to the crops, or more correctly, the opportunities of the crops for uptake of phosphate from the soil, might be taken as a convenient single concept called the phosphate status. Field experiments with superphosphate may give a general idea of the phosphate status, if the difference in aptitude of different plants for phosphate uptake is disregarded and the phosphate status is understood as a practical concept that expresses the average opportunity of common agricultural crops for phosphate uptake. (The quantity of available phosphate and its coefficient of uptake cannot be estimated in the usual experiments, and hence it is preferable to use the concept of phosphate status). If a low yield in a field experiment is produced by fertilizer mixture without superphosphate and a large surplus yield by further application of 1000—2000 kg superphosphate per hectare, the phosphate status may be regarded as poor, or very poor. If no surplus yield is produced by superphosphate and high yield in its absence, the phosphate status may be judged satisfactory. Experiments that show a low yield without and no surplus yield with superphosphate give no indication of the phosphate status, since in this case the yield is limited by another factor (or factors) than phosphate.

The individual farmer is chiefly interested in knowing whether the phosphate status is satisfactory, i.e., whether the soil will produce maximum crop yield without phosphate fertilizer. Under normal price conditions it will always pay to bring the soil to a satisfactory status and to maintain it at this level. An unsatisfactory phosphate status may be improved by liming of the soil to the reaction shown by experience to be optimal for the soil type in question (somewhat higher pH-values in loam than in sand soils). Further improvement may be attained through the application of phosphatic fertilizer, either as a single large dressing or distributed over several years. A single dose of 1 or 2 tons superphosphate per hectare is preferable in the case of particularly poor soils where a gradual raising of the phosphate status would entail too small crop yields during the first years.

When the phosphate status is satisfactory it may be maintained at the same level by the application of phosphatic fertilizer in amounts equivalent to the phosphate removal by the crops. In current Danish agricultural practice, where large live stock populations are kept and the main part of the crops used as fodder, some 85 to 90 pct of the crop phosphate is returned to the soil in the farmyard manure. Thus only small amounts of phosphate, equivalent to 25 to 60 kg superphosphate per hectare per annum, will be required as a supplement to maintain an equilibrium between input and outgo of soil phosphate. On account of the steadily rising level of crop yields it is, however, not sufficient to maintain the phosphate status at the same level; this must be continuously raised in order to remain satisfactory. Therefore the maintenance of a satisfactory phosphate status will require the addition of somewhat more superphosphate than stated above.

The use of phosphatic fertilizers may take place according to the following general principles:

1. The phosphate status of the soil is investigated.
2. If required, phosphatic fertilizer is applied until a satisfactory phosphate status is reached, and this is further improved by liming to optimal reaction.
3. Restorative use is made of phosphatic fertilizer. The quantities of superphosphate needed as a supplement to the farmyard manure may be applied once or twice during the rotation, preferably to root crops.
4. Somewhat more phosphate than required for restoration is applied if the level of crop yield is steadily rising and the phosphate status of the soil is not considerably more than just satisfactory.
5. The phosphate status must be tested periodically, at intervals of 8 to 12 years.

The phosphate status is most reliably tested through field experiments with superphosphate in amounts of 1000 kg per hectare, but

this way is usually to slow and expensive, and the experimental results are only valid for the experimental area itself. As a rule it will therefore be necessary to resort to soil analyses, the results of which are expressed by the phosphate value (Ft). The current analytical method has only been in use since 1948, and no general survey of the results of soil analyses and field experiments is yet available. It is therefore impossible to make well founded general statements as to the level of phosphate value that would indicate satisfactory phosphate status, and until further the phosphate values must be interpreted according to the experience of local agricultural advisers. In the opinion of the present author the phosphate status is usually satisfactory in soils of Ft above 4 to 6, while crops on soils of Ft less than 1.5 to 2 nearly always suffer from phosphate deficiency. The general aim, until better guidance can be given, should be to give soils of Ft less than 4 such dressings of phosphatic fertilizers, in addition to those needed for restorative use, that Ft is raised to approximately 4. This will require 1200—1800 kg superphosphate per hectare per unit of Ft.

Under de flerårige forarbejder til nærværende afhandling har forfatteren ofte fået vejledning og inspiration gennem drøftelser af problemerne med landbrugslærer, mag. agro. Sigurd Larsen, Dalum landbrugsskole, som dertil har vist mig den venlighed at gennemse manuskriptet til afhandlingen. Afdelingsbestyrer, dr. agro H. L. Jensen, Statens Planteavls-Laboratorium, Lyngby, har foretaget oversættelsen af afhandlingens oversigt til engelsk. For disse værdifulde tjenester bringes herved min bedste tak.

Litteraturfortegnelse.

For periodiske tidsskrifter angiver tallene: Bind eller årgang, trykkeår og side. For nogle af disse tidsskrifters navne anvendes særlige forkortelser:

J.Am.Soc.Agr. = Journal of the American Society of Agronomy (fra 1949 = Agronomy Journal).

S.Sc.Soc.Am.Proc. = Soil Science Society of America. Proceedings.

T.f.P. = Tidsskrift for Planteavl og i forbindelse hermed er

ber. = beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

ZPDB = Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. Fra 1936 til 1945, Bodenkunde und Pflanzenernährung.

Åslander, Alfr.: Undersökningar rörande en fosfatgödslingsmetod. Kungl. Lantbruksakademiens Tidskr.. 79, 1940, 385—398.

Achromeiko, A. I.: Einfluss der Kieselsäure auf die Ausnutzung der P_2O_5 verschiedenen Ursprungs durch die Pflanze. ZPDB, Teil A, 34, 1934, 340—359.

— Über die Ausscheidung mineralischer Stoffe durch Pflanzenwurzeln. ZPDB 42, 1936, 156—186.

Albrecht, W. A. & Smith, N. C.: Calcium in relation to phosphorus utilization by some legumes and nonlegumes. S.Sc.Soc.Am.Proc. 4, 1940, 260—265.

Allaway, W. H. & Rhoades, H. F.: Forms and distribution of phosphorus in the horizons of some Nebraska soils in relation to profile development. Soil Science 72, 1951, 119—128.

Allison, F. E., Pinck, L. A. & Sherman, M. S.: Comparative availabilities of organic and inorganic phosphates as shown by the Neubauer method. J.Am.Soc.Agr. 33, 1941, 918—926.

Allison, L. E.: The trend of phosphate adsorption by inorganic colloids from certain Indiana soils. Soil Science 55, 1943, 333—342.

Alway, F. J. & Clayton, O. Rost: The vertical distribution of phosphorus in the surface soil of prairies. Soil Science 2, 1916, 493—497.

— *Shaw, W. M. & Methley, W. J.:* Phosphoric-acid content of crops grown upon peat soils as an index of the fertilization received or required. Journal of Agricultural Research 33, 1926, 701—740.

Arrhenius, O.: Die Bodenanalyse im Dienst der Archäologie. ZPDB Teil B, 10, 1931, 427—439.

— Fosfathalten i skånska jordar, Sveriges geologiska Undersökning. Årsbok 28, 1934.

— Markundersökning och arkeologi. Fornvännen, 1935.

— Besondere Anwendungen der Bodenanalysen. ZPDB 9—10, 1938, 82—87.

Aslyng, H. C.: Jordens kalk- og fosfatpotential. Nordisk Jordbruksforskning 31—32, 1950, 312—320.

Aso, K.: Über das Vorkommen von Phosphorsäure in organischen Verbindungen im Boden. Biedermanns Centralblatt, 34, 1905.

Auten, J. T.: Organic phosphorus of soils. Soil Science 14, 1923, 281—293.

— The organic phosphorus content of some Iowa soils. Soil Science 13, 1922, 119—124.

Ballard, S. S. & Dean, L. A.: Soil studies with radioactive phosphorus: Significance of biological measurements of the retention of applied phosphorus by soils. Soil Science 52, 1941, 173—183.

Bassett, Henry: The phosphates of calcium. Journal of the Chemical Society of London, 111, 1917, 620.

Beater, B. E.: The measurement of phosphate fixation in soils. Soil Science 44, 1937, 277—291.

Behrens, W. U.: Die Aufnahme und Verwertung der Phosphorsäure aus den verschieden tiefen Bodenschichten durch die Pflanzen. ZPDB, Teil A, 36, 1934, 343—362.

Benne, E. J., Perkins, A. T. & King, H. H.: The effect of calcium ions and reaction upon the solubility of phosphorus. Soil Science 42, 1936, 29—38.

Bertramson, B. R. & Stephenson, R. E.: Comparative efficiency of organic phosphorus and of superphosphate in the nutrition of plants. Soil Science 53, 1942, 215—227.

Bjerrum, Niels & Dahm, C. R.: Untersuchungen über Aluminiumphosphate. Zeitschrift für physikalische Chemie. 1931, 627—637.

Bjerrum, Niels: Undersøgelser over Kalciumfosfaters Opløselighed. Nordiska (19. skandinaviska) naturforskarmödet i Helsingfors 1936, 344—348.

Black, C. A.: The penetration of phosphate into the kaolinite crystal. S.Sc.Soc.Am.Proc. 6, 1942, 157—161.

— Phosphate fixation by kaolinite and other clays as affected by pH, phosphate concentration and time of contact. S.Sc.Soc.Am.Proc. 7, 1943, 123—133.

Blanck, E., Schorstein, H. & Themlitz, R.: Über den Einfluss von Kalziumsilikat und -karbonat auf die Ausnutzung verschiedener Phosphorsäuredünger. Journal für Landwirtschaft 84, 1936, 297—319.

— *& Themlitz, R.:* Ein weiterer Beitrag zur Frage nach dem Einfluss von Kalziumsilikat und Karbonat sowie von Kieselsäure auf die Ausnutzung verscheidener Phosphorsäuredünger. Journal für Landwirtschaft 85, 1938, 165—179.

Blaser, R. E. & McAuliffe, Clayton: Utilization of phosphorus from various fertilizer materials: I. Orchard grass and ladino clover in New York. Soil Science 68, 1949, 145—150.

Bohne, H.: Gefässversuche zur Frage des Einflusses einer Kalkung auf die Ernährung der Pflanzen mit Düngerphosphorsäure auf saurem Boden. ZPDB 48, 1949, 118—134.

— Laboratoriumversuche zur Frage der Mobilisierung der Bodenphosphorsäure durch Kalk auf sauren Böden. (I. Mitteilung). ZPDB 43, 1949, 37—55.

Bondorff, K. A.: Om Benyttelse af Mikroorganismer til Bestemmelse af Jordens Indhold af Plantenæringsstoffer, der er tilgængelige for højere Planter. Landbohøjskolens Aarsskrift 1918, 339—371.

— Fosforsyre og Kali. Nordisk Jordbrugsforskning 11—12, 1929—30, 478—494.

— *& Steenbjerg, F.:* Studier over Jordens Fosforsyreindhold. I. Jordfosforsyrens Opløselighed. 256. ber. T.f.P. 38, 1932, 273—308.

— Studier over Jordens Fosforsyreindhold. II. Laboratorieundersøgelsens Forhold til Markforsøget. 270. ber. T.f.P. 39, 1933, 549—589.

— Forelæsninger over Landbrugets Jorddyrkning. II. Gødningslæren. 1939.

— Gødningsproblemet for dansk Landbrug. Ingeniørvidenskabelige Skrifter, 1941, nr. 1, 1—14.

— *& Damsgaard-Sørensen, P.:* Studier over Jordens Fosforsyreindhold. III. En Sammenligning mellem forskellige kemiske Metoder til Bestemmelse af tilgængelige Fosfater i Jord. 353. ber. T.f.P. 46, 1942, 377—425.

— Studier over jordens fosforsyreindhold. V. En ny fremgangsmåde ved undersøgelsen af jordens fosforsyreindhold. 426. ber. T. f. P. 53, 1950, 336—342.

— Om jordbundsanalyser og deres udnyttelse. En oversigt. 1952, 1—46.

— Studier over jordens fosforsyreindhold. VI. Jordfosforsyrens opløselighed i fortyndet svovlsyre. 449. ber. T.f.P. 55, 1952, 185—210.

Borden, R. J.: Modified Mitscherlich method for soil cultures. Soil Science 62, 1946, 51—60.

Bottomley, W. B.: Isolation from peat of certain nucleic acid derivatives. Proceedings of the Royal Society (London).. 90, 1919, 39—44.

Bower, C. A.: Separation and identification of phytin and its derivations from soils. Soil Science 59, 1945, 277—285.

— Studies on the forms and availability of soil organic phosphorus. Iowa Agricultural Experiment Station, Bulletin 362, 1949, 963—996.

Bray, R. H. & Dickman, S. R.: Adsorbed phosphates in soils and their relation to crop responses. S.Sc.Soc.Am.Proc. 6, 1942, 312—320.

— *& Kurtz, L. T.:* Determination of total, organic and available forms of phosporus in soils. Soil Science 59, 1945, 39—45.

Bremner, J. M.: A review of recent work on soil organic matter. Part I. The Journal of Soil Science 2, 1951, 67—82.

Brown, L. A.: A study of phosphorus penetration and availability in soils. Soil Science 39, 1935, 277—287.

Buehrer, T. F.: The physico-chemical relationships of soil phosphates. Arizona Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin 42, 1932, 155—212.

Bundgaard, Chr. Moth, Larsen, Sigurd & Kristensen, R. K.: Undersøgelser over Udtagning af Jordprøver. Beretning om Landboforeningernes Virksomhed for Planteavlen paa Sjælland 1944, 101—119.

Burd, J. S. & Martin, J. C.: Secular and seasonal changes in the soil solution. Soil Science 18, 1924, 151—167.

— *& Murphy, H. F.:* The use of chemical data in the prognosis of phosphate deficiency in soils. Hilgardia 12, 1939, 323—340.

— Mechanisms of release of ions from soil particles to plant. Soil Science 64, 1947, 223—225.

— Chemistry of the phosphate ion in soil systems. Soil Science 65, 1948, 227—247.

Bushnell, J.: The phosphorus content of a sandy loam containing sufficient available phosphorus for vegetable crops. Soil Science 51, 1941, 153—158.

Butkewitsch, W. W.: Über die Fähigkeit der verschiedenen Pflanzen, Kalziumphosphate auszunutzen. ZPDB. Teil A. 31, 1933, 67—94.

Chandler, W. V.: Phosphorus adsorption by five Alabama soils as influenced by reaction, base saturation, and free sesquioxides. J.Am.Soc.Agr. 33, 1941, 1—12.

Chapman, H. D.: Inorganic phosphate in green plant tissue as a measure of phosphate availability. Soil Science 39, 1935, 111—122.

— Effect of nitrogenous fertilizers, organic matter, sulphur, colloidal silica on the availability of phosphorus in calcareous soils. J.Am.Soc.Agr. 28, 1936, 135—145.

— Leaf analysis and plant nutrition. Soil Science 52, 1941, 63—81.

Chatterjee, B. & Datta, S.: Phosphate fixation by clay minerals; Montmorillonite and kaolinite. Journal of Soil Science 2, 1951, 224—233.

Christensen, C. J. (Tind): Forskellige Gødningsforsøg paa Mosejord. 167. ber. T.f.P. 29, 1923, 462—509.

Christensen, Harald, R.: Jordbundsundersøgelser paa Forsøgsarealerne ved Aarslev Forsøgsstation. 34. ber. T.f.P. 15, 1908, 383—406.

— *Mentz, A. & Overgaard, N.:* Undersøgelser over Moseforsøgsarealerne under Statens Forsøgsstationer ved Studsgaard og Tylstrup. 68. ber. T.f.P. 19, 1912, 595—652.

— Studier over Jordbundsbeskaffenhedens Indflydelse paa Bakterielivet og Stofomsætningen i Jordbunden. II. Undersøgelser over Jordens mannitomsættende Evne. 145. ber. T.f.P. 28, 1922, 1—61.

— Jordbundsundersøgelser i Forbindelse med fastliggende Gødningsforsøg paa Mineraljorder. 205. ber. T.f.P. 33, 1927, 197—411.

Christensen, Werner: Fosfatanalysen i Arkæologiens Tjeneste. Fortid og Nutid. 13, 1939—40, 129—156.

Chubb, W. O. & Atkinson, H. J.: Plant tissue testing. II. A study of the method of foliar diagnosis. Scientific Agriculture. 28, 1948, 49—60.

Clarke, F. W.: The data of geochemistry. 1916.

Coleman, R.: The adsorption of phosphate by kaolinitic and montmorillonitic clays. S.Sc.Soc.Am.Proc. 7, 1943, 134—138.

— Phosphorus fixation by the coarse and fine clay fractions of kaolinitic and montmorillonitic clays. Soil Science 58, 1944, 71—78.

— The mechanism of phosphate fixation by montmorillonitic and kaolinitic clays. S.Sc.Soc.Am.Proc. 9, 1945, 72—78.

Cooke, G. W.: Fixation of phosphate during the acid extration of soils. Journal of Soil Science 2, 1951, 254—262.

Damsgaard-Sørensen, P.: Systematiske Undersøgelser af tilgængelig Fosforsyre og Kali i nogle danske Jorder. Beretning om Planteavlsarbejdet i Landboforeningerne i Fyns Stift 1940, 94—97.

— Fosforsyreproblemet i dansk Landbrug. Ugeskrift for Landmænd. 90, 1945, 347—351 og 384—387.

— Jordbundsundersøgelser og Gødskningsvejledning. Tidsskrift for Landøkonomi 1946, 141—162 og 253—273.

— Studier over Jordens Fosforsyreindhold. IV. Det organisk bundne Fosfor. T.f.P. 50, 1946, 653—675.

Davis, F. L. & Brewer, C. A.: The effect of liming on the absorption of phosphorus and nitrogen by winter legumes. J.Am.Soc.Agr. 32, 1940, 419—425.

— Retention of phosphates by soils. I. Effect of additions of iron and aluminum chloride upon the retention of phosphorus by virgin Hammond very fine sandy loam. Soil Science 56, 1943, 457—478.

— The role of iron and aluminum in the retention of phosphates by soils indicated by the solubility of phosphorus. S.Sc.Soc.Am.Proc. 8, 1944, 167—170.

— Retention of phosphates by soils. II. Effect of drying and of certain cations and anions on the cation-exchange capacity of soils. Soil Science 59, 1945, 175—190.

Davis, L. E.: Sorption of phosphates by noncalcareous Hawaiian soils. Soil Science 40, 1935, 129—158.

Dean, L. A.: Distribution of the forms of soil phosphorus. S.Sc.Soc.Am. Proc. 2, 1937, 223—227.

— An attempted fractionation of the soil phosphorus. Journal of Agricultural Science 28, 1938, 234—244.

— *& Rubins, E. J.:* Absorption by plants of phosphorus from a clay water system: Methods and ensuing observations. Soil Science 59, 1945, 437—448.

— — Anion exchange in soils I, II og III. Soil Science 63, 1947, 377—387, 389—397, 399—406.

Dean, L. A., Nelson, W. L., MacKenzie, A. J., Arminger, W. H. & Hill, W. L.: Application of radioactive tracer technique to studies of phosphatic fertilizer utilization by crops. S.Sc.Soc.Am.Proc. 12, 1948, 107—112.

Dewan, Madan L. & Hunter, Albert S.: Absorption of P by soybeans and Sudan grass. Soil Science 68, 1949, 401—410 og 479—482.

Dickman, S. R. & De Turk, E. E.: A method for the determination of the organic phosphorus of soils. Soil Science 45, 1938, 29—39.

— *& Bray, R. H.:* Replacement of adsorbed phosphate from kaolinite by fluoride. Soil Science 52, 1941, 263—273.

Dorph-Petersen, K.: Om Anlæg og Opgørelse af Markforsøg. Ugeskrift for Landmænd. 87, 1942, 589—94 og 605—608.

— Usikkerheden paa Jordbundsanalyser i Markforsøg. T.f.P. 48, 1943, 358—366.

— Jordbundsanalyser som Vejledning for Praksis. Nordisk Jordbrugsforskning 25, 1943, 359—368.

— Kvælstof-, Fosforsyre og Kalibalancen i dansk Landbrug. Ugeskrift for Landmænd 89, 1944, 657—660 og 669—671.

— Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning ved Lyngby 1910—1942. 396. ber. T.f.P. 50, 1946, 555—616.

— Forsøg med stigende Mængder Kalk og Mergel. 400. ber. T.f.P. 51, 1947, 1—114.

— Systematiske Jordbundsanalyser paa Horsens- og Røddingegnen. 47. Beretning om Planteavlsarbejdet i Landboforeningerne i Jylland 1947, 345—348.

— Fosforsyretallenes værdi og anvendelse. Ugeskrift for Landmænd 93, 1948, 227—231 og 251.

— Orienterende undersøgelser over fordelingen af fosfat i nogle danske jordprofiler. T.f.P. 53, 1949, 160—172.

— Variationen i en sandjords reaktionstal, fosforsyretal, kaliumtal og mangantal. 433. ber. T.f.P. 53, 1950, 650—677.

— Nogle Tilfælde af ekstrem Fosfatudvaskning af Jord. Ugeskrift for Landmænd. 95, 1950, 13—15 (indsat mellem s. 224—225).

— Planteavlens fosfatproblemer. Horticultura 5, 1951, 65—70.

— Kalkningens virkning på sure jorders fosfattilstand. 463. ber. T.f.P. 56, 1953, 177—221.

Doughty, J. L.: The fixation of phosphate by a peat soil. Soil Science 29, 1930, 23—35.

Doughty, J. L.: Phosphate fixation in soils particularly as influenced by organic matter. Soil Science 40, 1935, 191—202.

Dukes, H.: The effect of dilution on the solubility of soil phosphorus. J.Am.Soc.Agr. 27, 1935, 760—763.

Dunn, L. E.: The effect of lime on the availability of nutrients in certain western Washington soils. Soil Science 56, 1943, 297—316.

Dyer, W. J. & Wrenshall, G. L.: Organic phosphorus in soils. I. The extraction and separation of organic phosphorus compounds from soil. Soil Science 51, 1941, 159—170.

— Organic phosphorus in soils: III. The decomposition of some organic phosphorus compounds in soil cultures. Soil Science 51, 1941, 323—329.

Egnér, H.: Metod att bestämma lättlöslig fosforsyra i åkerjord. Medd. nr. 425 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. 1932, 1—36.

Ehrenberg, P.: Zur natürlichen Bewegung der Phosphorsäure im Erdboden. Forschungsdienst 6, 1938, 414—426 og 462—471.

Eriksson, S.: Bidrag till frågan om fosforsyrans fastläggning i betesmarker. Kongresberetning, Nordisk Jordbrugsforskning 20—21, 1938—39, 388—395.

— Über die Einwirkung der Kalidüngung auf die Festlegung der Phosphorsäure im Boden. Lantbrukshögskolans Annaler 8, 1940, 87—130.

— Untersuchungen über die Einwirkung von Kalisalzen auf die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure. 1942, 1—101.

Fisher, R. A. & Thomas, R. P.: The determination of forms of inorganic phosphorus in soils. J. Am. Soc. Agr. 27, 1935, 863—873.

Flieg, O.: Über den Einfluss von Humaten auf die Beweglichkeit der Phosphorsäure im Boden. ZPDB 38, 1935, 222—238.

Ford, M. C.: The nature of phosphate fixation in soils. J. Am. Soc. Agr. 25, 1933, 134—144.

Franck, O.: Undersökningar rörande fosforsyrans fastläggning i marken samt därmed sammanhörande gödslings- och kalkningsspörsmål. Medd. nr. 483 från Centralanst. f. försöksväsendet på jordbruksområdet. 1937, 1—37.

— Kan exempelvis fosforsyrans fastläggande i översta jordlagret betinga betesvallens omläggning? Kongresberetning, Nordisk Jordbruksforskning 20—21, 1938, 381—387.

— Några försöksresultat rörande gyttjelerors brukning, kalkning och gödsling. Kongresberetning, Nordisk Jordbrugsforskning 20—21, 1938, 346—354.

— En ny stallgödselvårdsmetod. Växt-Närings-Nytt, 2, 1946, H 5, 1—13.

— Försök med nedmyllning av handelsgödsel. Jordbruksförsöksanstalten. Meddelande nr. 26, 1948, 1—26.

Frederiksson, L. & Wiklander, L.: Studier over potatisens fosfatupptagande med tillhjälp av radioaktiv fosfor. Kungl. Lantbruksakademiens Tidsk. 89, 1950, 446—459.

— Något om möjligheterna att med tillhjälp av ledisotoper studera vissa kalknings- och gödslingsproblem. Kungl. Lantbruksakademiens Tidsk. 89, 1950, 435—445.

Fried, Maurice & MacKenzie, A. J.: Rock phosphate studies with neutron irradiated rock phosphate. S. Sc. Soc. Am. Proc. 14, 1950, 226—231.

— *& Dean, L. A.:* A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Science 73, 1952, 263—271.

Fuller, W. H. & Dean, L. A.: Utilization of phosphorus from green manures. Soil Science 68, 1949, 197—202.

— *& McGeorge, W. T.:* Phosphate in calcareous Arizona soils: I. Solubilities of native phosphates and fixation of added phosphates. Soil Science 70, 1950, 441—459.

— — Phosphates in calcareous Arizona soils: II. Organic phosphorus content. Soil Science 71, 1951, 45—49.

— — Phosphates in calcareous Arizona soils: III. Distribution in some representative profiles. Soil Science 71, 1951, 315—323.

— *& Rogers, R. N.:* Utilization of phosphorus from barley residues. Soil Science 74, 1952, 373—382.

Gaarder, T.: Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. I. Medd. nr. 14 fra Vestlandets forstlige Forsøgsstation, 1930, 1—140.

— *& Grahl-Nielsen, O.:* Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden II. Medd. nr. 18 fra Vestlandets forstlige Forsøgsstation, 1935, 1—107.

Gardner, Robert, & Kelley, O. J.: Relation of pH to phosphate solubility in Colorado soils. Soil Science 1940, 50, 91—102.

Gericke, S.: Die Bewegung der Phosphorsäure im Boden. ZPDB, Teil A, 27, 1932, 144—162.

— Beziehungen zwischen den Wachstumsfaktoren Wasser, Phosphorsäure und Kali. ZPDB 44, 1949, 171—198.

— Phosphorsäure und Kalkdüngung auf sauren Böden. 1951. 1—47.

Gerretsen, F. C.: The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. Plant and Soil I, 1948, 51—81.

Ghani, M. O. & Islam, M. A.: Phosphate fixation in acid soils and its mechanism. Soil Science 62, 1946, 293—306.

Gilbert, B. E. & Hardin, L. J.: The current mineral nutrient content of the plant solution as a possible means of chemical control of optimum fertilization. Journal of Agricultural Research 35, 1927, 185—192.

Gisiger, L.: Die Wanderung der Düngerphosphorsäure im Wiesenboden. Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz 47, 1933, 491—518.

Greisenegger, I. K.: Über das Verhalten von Superphosphat im Boden. Zeitschrift für das landwirtschaftliche Versuchswesen in Oesterreich 13, 1910, 1—47. Referat i T.f.P. 18, 1911, 478.

Hall, A. D.: The analysis of the soil by means of the plant. Journal of Agricultural Science 1, 1905, 65—88.

Hall, N. S., Nelson, W. L., Krantz, B. A., Welch, C. D. & Dean, L. A.: Utilization of phosphorus from various fertilizer materials: II. Cotton and corn in North Carolina. Soil Science 68, 1949, 151—156.

Hartwell, B. L., Hammett, F. S. & Wessels, P. H.: Reactions of the phosphorus of the thickened root of the flat turnip. Journal of Agricultural Research, 11, 1917, 359—371.

Haseman, J. F., Brown, E. H. & Whitt, C. D.: Some reaction of phosphate with clays and hydrous oxides of iron and aluminium. Soil Science 70, 1950, 257—271.

Heck, A. F.: Phosphate fixation and penetration in soils. Soil Science 37, 1934, 343—355.

— Effect of the degree of base saturation of a soil on its capacity to fix phosphorus in difficulty available form. Soil Science 38, 1934, 463—470.

— A method for determining the capacity of a soil to fix phosphorus in a difficulty available form. Soil Science 37, 1934, 477—482.

— Availability and fixation of phosphorus in Hawaiian soils. J.Am,Soc. Agr. 27, 1935, 874—884.

Henderson, W. J. & Jones, U. S.: The use of radioactive elements for soil and fertilizer studies. Soil Science 51, 1941, 283—288.

Hendricks, S. B. & Dean, L. A.: Basic concepts of soil and fertilizer studies with radioactive phosphorus. S.Sc.Soc.Am.Proc. 12, 1948, 98—100.

— — Use of P^{32} in measurement of fertilizer effectiveness under field condition Transaction of the fourth international congress of soil science. 1, 1950, 221—223.

Henriksen, Aa.: Undersøgelser over analysenøjagtigheden ved bestemmelsen af reaktionstal (Rt), fosforsyretal (Ft) og kaliumtal (T_K). T. f. P. 55, 1952, 337—345.

Hester, J. B.: The influence of phosphate fertilization upon the amphoteric properties of coastal plain soils. J.Am.Soc.Agr. 29, 1937, 10—16.

Hevesy, G., Linderström-Lang, K. & Olsen, C.: Atomic dynamics of plants growth. Nature 137, 1936, 66—67.

— — — Exchange of phosphorus atoms in plants and seeds. Nature 139, 1937, 149—150.

Hibbard, P. L.: Chemical methods for estimating the availability of soil phosphate. Soil Science 31, 1931, 437—466.

— Factors influencing phosphate fixation in soils. Soil Science 39, 1935, 337—358.

Hilbert, G. E., Pinck, L. A., Sherman, M. S. & Tremearne, T. H.: Organic phosphates. I. Fixation studies with three different soil types. Soil Science 46, 1938, 409—418.

Itallie van, Th. B.: Über den Verlauf der Aufnahme von Stickstoff, Phosphorsäure und Kali bei verschiedenen Gewächsen auf dem Felde. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 43, 1937, 13—54.

Iversen, Karsten: Forsøg med Udbringning af Superfosfat og Kaligødning Efteraar og Foraar. Askov Sandjordsarealer 1932—39. 350. ber. T. f. P. 46, 1941, 222—237.

— Staldgødningens og Kunstgødningens Kvælstof-, Fosforsyre- og Kalivirkning. 358. ber. T. f. P. 47, 1942, 1—93.

— Kontrolforsøg med Fosforsyre og Kali 1935—1942 II. 369. ber. T. f. P. 48, 1943, 91—162.

— Udvaskning af Fosforsyre og Kali. 389. ber. T. f. P. 50, 1945, 106—125.

Iversen, Karsten: Fosforsyre- og Kaliforsøg ved Statens Forsøgsstationer 1927—1942. 392. ber. T. f. P. 50, 1946, 299—366.

— *& Dorph-Petersen, K.:* Forsøg med store Mængder Fosforsyre- og Kaligødning. Jordbundsanalyser og Markforsøg. 1940—1946. 406. ber. T.f.P. 51, 1948, 438—479.

— — Forsøg med Staldgødningens Opbevaring og Anvendelse. 1936—1946. 412. ber. T. f. P. 52, 1949, 69—110.

— — Undersøgelse over Produktionen af Staldgødning og Ajle. Askov 1942—1947. 418. ber. T. f. P. 52, 1949, 628—652.

— — Forsøg med staldgødning og kunstgødning på sandjord ved Lundgaard og Tylstrup. 419. ber. T. f. P. 53, 1949, 33—84.

— Om bestemmelse af jordens gødningstrang. Jordbundsanalyser og markforsøg. Nordisk Jordbrugsforskning 31—32, 1950, 189—211.

— Gødningslæren, 5. udg. 1951.

— — Forsøg med staldgødning og kunstgødning ved Askov 1894—1948. 440. ber. T. f. P. 54, 1951, 369—538.

— — Konservering af staldgødning med superfosfat. 453. ber. T. f. P. 55, 1952, 282—302.

Jackman, R. H. & Black, C. A.: Solubility of iron, aluminium, calcium and magnesium inositol phosphates at different pH values. Soil Science 72, 1951, 179—186.

— — Hydrolysis of iron, aluminium, calcium and magnesium inositol phosphates by phytase at different pH values. Soil Science 72, 1951, 261—266.

— — Hydrolysis of phytate phosphorus in soils. Soil Science 73, 1952, 167—171.

Jacob, Walter C., van Middelem, C. H., Nelson, W. L., Welch, C. D. & Hall, N. S.: Utilization of phosphorus by potatoes. Soil Science 68, 1949, 113—120.

Jansson, S. L.: Isotopmetodiken som hjälpmedel inom växtfysiologien, marklären och gödselläran. Kungl. Lantbruksakademiens Tidskr. 87, 1948, 370—392.

Jensen, H. Land, Dorph-Petersen, K. & Olesen, Johs.: Forsøg med store Mængder Superfosfat. Opgørelse med særligt Henblik paa Sammenligning af Fosforsyrevirkning og Fosforsyretal. Beretning fra Fosforsyre- og Kaliudvalget og Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne, 1947, 48—67 (trykt 1948).

Jensen, H. L.: Studier over jordens fosforsyreindhold VII. Bestemmelse af fosforsyre i jord ved hjælp af Aspergillus niger. 468. ber. T. f. P. 56, 1953, 429—442.

Jordan, J., Simkins, C. & Correy, G.: Uptake and movement of fertilizer phosphorus. Soil Science 73, 1952, 305—313.

Kaila, Armi: Viljelysmaan Orgaanisesta Fosforista. (On the organic phosphorus in cultivated soils). Valtion Maatalouskoetoiminnan Julkaisuja. 129, 1948, 1—118.

Kaila, Armi: Karjanlannan fosforista. (On phosphorus in farm manure). Maataloustieteellinen Aikakauskirja 21, 1949, 67—82.

— Biological absorption of phosphorus. Soil Science 68, 1949, 279—289.

— Superfosfaatin käytöstä karjanlannan seassa. (Use of superphosphate with farm manure). Valtion Maatalouskoetoiminnan Julkaisuja no. 134, 1950, 1—35.

— Karjanlanta kasvien fosforin lähteenä. (Farm manure as a source of phosphorus for plants). Maataloustieteellinen Aikakauskirja 22, 1950, 107—121.

Kapp, L. C., Hervey, R. J., & Johnston, J. R.: Response of evergreen sweet clover and cotton to phosphorus applications on Houston black clay. Soil Science 75, 1953, 109—118.

Kappen, H.: Über die Humatlöslichkeit der Phosphate. Forschungsdienst, Sonderh. 2, 1936, 83—95.

— *Schaal, J. & Krier, A.:* Weitere Untersuchungen über die Humatlöslichkeit der Phosphorsäuredünger. ZPDB 31 (76), 1943, 357—376.

Karlsson, N., & Mattson, S.: The electrochemisty of soil formation. IV. The salt effect on amphoteric colloids and phosphate fixation. Lantbrukshögskolans Annaler 8, 1940, 405—424.

Kelly, J. B., & Midgley, A. R.: Phosphate fixation — an exchange of phosphate and hydroxyl ions. Soil Science 55, 1943, 167—176.

Kofoed, A. Dam: Forsøg med Fosfater. Beret. om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforen. 1949, 94—103 (trykt 1950).

— *& Olesen, J.:* Forsøg med pulveriseret og kornet Superfosfat, samt Sammenligning af Bredsaaning og Radsaaning af kornet Superfosfat. Beret. om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforen., 1949, 96—98, 1950, 104—107, 1951, 72—75, 1952, 63—65 (trykt henhv. 1950, 51, 52, 53).

Krantz, B. A., Nelson, W. L., Welch, C. D., & Hall, N. S.: A comparison of phosphorus utilization by crops. Soil Science 68, 1949, 171—177.

Kristensen, M. K. & Christensen, H. R.: Beretning om Forsøg med Fosforsyregødninger, udførte i Landboforeningerne i Jylland. 1905—1910. T. f. P. 20, 1913, 24—104.

Kristensen, R. K.: Kemiske Undersøgelser af Jord, dyrket paa forskellig Maade. 135. ber. T. f. P. 26, 1919, 335—351.

— *& Steenbjerg, F.:* Tidsvariationen ved Fosforsyretal og Reaktionstal. 401. ber. T. f. P. 51, 1947, 114—135.

Krügel, C., Dreyspring, C., & Heinz, W.: Über den leichtlöslichen Phosphorsäurevorrat von Ackerkrume und Untergrund. ZPDB, Teil A, 36, 1934, 224—235.

— — *& Doerell, E. G.:* Die Gnanulierung von Düngemitteln, insbesondere von Superphosphate, und die Wirkung von granulierten Phosphorsäuredügern verschiedener Korngrössen. ZPDB 46, 1949, 169—175.

Kurtz, Touby, DeTurk, Ernest E. & Bray Roger H.: Phosphate adsorption by Illinois soils. Soil Science 61, 1946, 111—124.

Küpper, F. C.: Beiträge zur Frage der Silikatlöslichkeit der Phosphate. ZPDB 6, 1938, 154—186.

Laatsch, W.: Die Festlegung der Phosphorsäure an Tone. ZPDB 23 (65), 1941, 17—31.

Larsen, Sigurd: Fosforsyrens Fastlægning i Jordbunden. Eksamensopgave 1945. Landbohøjskolens Bibliotek.

— Udviklingen i anvendelsen af radioaktive isotoper inden for jordbrugets forskning. Horticultura 3, 1949, 35—42.

— Studier over planternes fosfatoptagelse med radioaktivt fosfor som indikator. Nordisk Jordbrugsforskning 31—32, 1950, 335—337.

— Om anvendelse af isotoper i gødningsforsøg. Ugeskrift for Landmænd 96, 1951, 528—529.

— The use of P^{32} in studies on the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil 4, 1952, 1—10.

Lee, Ching-Kwei: Variations in yield and composition of the wheat plant as affected by the time of applying phosphatic fertilizer. J.Am.Soc.Agr. 32, 1940, 782—788.

Lehr, J. J. & Wesemael, J. C. van: The influence of neutral salts on the solubility of soil phosphate. With special reference to the affect of the nitrates of sodium and calcium. Journal of Soil Science 3, 1952, 125—135.

Lemmermann, O. & Wiesmann, H.: Die ertragsteigernde Wirkung der Kieselsäure, ZPDB, Teil A, 1, 1922, 185—255.

— — Weitere Versuche über die ertragsteigernde Wirkung der Kieselsäure bei unzureichender Phosphorsäuredüngung. ZPDB Teil B, 3, 1924, 185—197.

— — *& Sammet, K.:* Untersuchungen über die Ursache der ertragsteigernden Wirkung der Kieselsäure. ZPDB Teil A, 4, 1925, 265—315.

— — Zur Frage der Kieselsäurewirkung. ZPDB, Teil A, 13, 1928, 28—39.

— *& Rauterberg, E.:* Uber die Ausnutzung schwerlöslicher Phosphorsäureverbindungen durch sogenannte Tiefwurzler nebst einigen anderen Fragen der Stoffaufnahme. ZPDB 43, (88) 1949, 1—18.

— — Das verschiedene Verhalten der Phosphorsäureverbindungen des Bodens gegenüber 1 % igen Essigsäure. ZPDB 43 (88), 1949, 193—207.

Lewis, G. C., Baker, G. O. & Snyder, R. S.: Phosphate fixation in calcareous soils. Soil Science 69, 1950, 55—62.

Lohse, H. W.: Om Kali- og Fosforsyregødskningens Teori. Landbohøjskolens Aarsskrift 1930, 19—99.

Lorenz, O. A. & Johnson, C. M.: Nitrogen fertilization as related to the availability of phosphorus in certain California soils. Soil Science 75, 1953, 119—129.

Low, P. F. & Black, C. A.: Phosphate-induced decomposition of kaolinite. S. Sc. Soc. Am. Proc. 12, 1948, 180—184.

Lundegårdh, H.: Markbeskaffenhet och gödslingsbehov. Medd. nr. 444 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. 1934, 1—67.

— The triple-analysis method of testing soil fertility and probably crop reaction to fertilization. Soil Science 45, 1938, 447—454.

Lundegårdh, H.: Trippelanalys-metodiken för bestämning av gödslingsbehovet. Kungl. Lantbruksakademiens Tidsk. 78, 1939, 157—168.

— Die Tripelanalyse. Lantbrukshögskolans Annaler 9, 1941, 127—219.

— Die Blattenanalyse. Die wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen einer Pflanzenphysiologischen Methode der Bestimmung des Düngerbedüfnisse des Bodens. 1945.

— Leaf analysis, 1951.

Maas, E. F. & Bentley, C. F.: Phosphorus fixation studies with some Saskatchewan soils. Scientific Agriculture 26, 1946, 275—287.

MacIntire, W. H. & Hatcher, B. W.: Evidence in support of a new concept as to the end product of superphosphate in limed soils. Soil Science 53, 1942, 43—54.

Marel, H. W.: Tropical soils in relation to plant nutrition. Soil Science 64, 1947, 445—451.

Mattson, S. & Karlsson, N.: The electrochemistry of soil formation. II. The phosphate complex. Lantbrukshögskolans Annaler 6, 1938, 109—157.

— The pedography of hydrologic soil series: V. The distribution of K and P and the Ca/K ratios in relation to the Donnan equilibrium. Lantbrukshögskolans Annaler 12, 1944, 119—130.

Mattson, S. et al.: Phosphate relationships of soil and plant. 1—8. Lantbrukshögskolans Annaler 16, 1949, 457—484, 17, 1950, 64—91, 107—120, 121—129, 130—140, 141—160, 222—246, 18, 1951, 128—153.

McAuliffe, Clayton & Peech, Michael: Utilization by plants of phosphorus in farm manure: I. Labeling of phosphorus in sheep manure with P^{32}. Soil Science 68, 1949, 179—183.

— — *& Bradfield, Richard:* Utilization by plants of phosphorus in farm manure. II. Availability to plants of organic and inorganic forms of phosphorus in sheep manure. Soil Science 68, 1949, 185—194.

McCool, M. M. & Weldon, M. D.: The effect of soil type and fertilization on the composition of the expressed sap of plants. J.Am.Soc.Agr. 20, 1928, 778—792.

McElroy, W D. & Glass, Bentley: Phosphorus metabolism. A symposium on the role of phosphorus in the metabolism of plants and animals. I, 1951, II, 1952, 762 og 930 sider.

McGeorge, W. T. & Breazeale, J. F.: The relation of phosphate availability, soil permeability and carbon dioxide to the fertility of calcareous soils. Arizona Agric. Exp. Sta. Techn. Bull. 36, 1931, 361—412.

— — Phosphate solubility studies in some unproductive calcareous soils. Arizona Agric. Exp. Sta. Techn. Bull. 35, 1931, 319—360.

— — Studies on iron, aluminium and organic phosphates and phosphate fixation in calcareous soils. Arizona Agric. Exp. Sta. Techn. Bull. 40, 1932, 59—111.

— — *& Buehrer, T. F.:* Phosphate availability in calcareous soils: A function of carbon dioxide and pH. J. Am. Soc. Agr. 27, 1935, 330—335.

— The relation of potential alkalinity of phosphate to the availability of phosphate in calcareous soils. Soil Science 39, 1935, 443—452.

McGeorge, W. T.: Factors influencing the availability of native soil phosphates and phosphate fertilizers in Arizona soils. Arizona Agric. Exp. Sta. Bull 82, 1939.

McGregor, A. J.: Phosphate movement and natural drainage. Journal of Soil Science 4, 1953, 86—96.

Mehlich, A., Fred, E.B. & Troug, E.: The Cunninghamella plaque method of measuring available phosphorus in soil. Soil Science 38, 1934, 445—462.

Melin, Elias & Nilsson, Harald: Transfer of radioactive phosphorus to pine seedlings by means of mycorrhizal hyphae. Physiologia Plantarum 3, 1950, 88—93.

Metzger, W. H.: The nature, exent, and distribution of fertilizer residues in the soil of some old fertility plats. Soil Science 47, 1939, 15—27.

— Significance of adsorption or surface fixation of phosphorus by some soils of the prairie group. J. Am. Soc. Agr. 32, 1940, 513—526.

— Phosphorus fixation in relation to the iron and aluminum of the soil. J. Am. Soc. Agr. 33, 1941, 1093—1099.

Meyer, L.: Vergleich der Untersuchungen von Bodenlösungen nach v. Wrangell mit den Vorschlagen von A. Nemec. Fortschritte der Landwirtschaft. 5. 1930, 745.

Midgley, A. R.: The movement and fixation of phosphates in relation to permanent pasture fertilization. J. Am. Soc. Agr. 23, 1931, 788—799.

— Phosphate fixation in soils — a critical review. S. Sc. Soc. Am. Proc. 5, 1941, 24—30.

— *& Dunklee, D. E.:* The availability to plant of phosphates applied with cattle manure. Vermont Agric. Exp. Sta. Bul. 525,1945, 1—22.

Mitscherlich, E. A.: Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. 1924 og 1930.

— Über die Phosphorsäure- und Kali-Aufnahme und -Auswertung bei verschiedenen Kulturpflanzen. Schriften der Königsberger gelehrten Gesellschaft. Naturwissenschaftliche Klasse, 17, 1940, 1—42.

— Über die Festlegung der Phosphorsäure im Boden. ZPDB 34, (79), 1944 209—213.

— Versuche über die Festlegung der Phosphorsäure durch Gaben von kohlensaurem Kalk. ZPDB 39, (84), 1947, 1—9.

— Ein Beitrag zur Phosphorsäure- und Kali-Aufnahme der Pflanzen. ZPDB 41, (86), 1948, 193—201.

— Zur Ausnutzung schwerlöslicher Phosphatverbindungen durch verschiedene Pflanzenarten. ZPDB 44, (89), 1949, 97—100.

Mogensen, Thorkil: Beretning om en Metode til Bestemmelse af den mobiliserbare Fosforsyre i Jordbunden. Jorders Grundforbedring, IV Rk., 5, 1938. 1—11.

Moser, F.: Phosphorus fixation and the assimilation of fixed phosphate. S. Sc. Soc. Am. Proc. 4, 1940, 168—172.

— Fixation and recovery of phosphate from some lateritic soils. S. Sc. Soc. Am. Proc. 6, 1941, 328—334.

Murphy, H. F.: The role of kaolinite in phosphate fixation. Hilgardia 12, 1939, 343—382.

Münter, F.: Pflanzenanalyse und Düngerbedürfnis des Boden. Journal für Landwirtschaft 67, 1919, 229—266 og 68, 1919, 207—224.

Møller, J. & Mogensen, Th.: Fosforsyre-Problemet. Hedeselskabets Tidskr. 1950, 67—73.

— — Metode til bestemmelse af den mobiliserbare fosforsyre i jordbunden. Hedeselskabets Tidsskrift, 1951, 41—62.

Nagelschmidt, G. & Nixon, H. L.: Formation of apatite from superphosphate in the soil. Nature, 154, 1944, 428.

Neller, J. R.: Mobility of phosphates in sandy soils. S. Sc. Soc. Am. Proc. 11, 1947, 227—230.

— *& Lundy, H. W.:* Availability of residual phosphorus of superphosphate and rock phosphate determined by phosphorus in crops from radioactive superphosphate. Soil Science 74, 1952, 409—415.

— Effect of lime on availability of labeled phosphorus of phosphates in Rutlege fine sand and Marlboro and Carnegie fine sandy loams. Soil Science 75, 1953, 103—108.

Nelson, W. L., Krantz, B. A., Colwell, W. E., Woltz, W. G., Hawkins, A., Dean, L. A., MacKenzie, A. J. & Rubins, E. J.: Application of radioactive tracer technique to studies of phosphatic fertilizer utilization by crops. II. Field experiments. S. Sc. Soc. Am. Proc. 12, 1948, 113—118.

— — *Welch, C. D. & Hall, N. S.:* Utilization of phosphorus as affected by placement: II. Cotton and corn in North Carolina. Soil Science 68, 1949, 137—144.

Neubauer, H. & Schneider, W.: Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehalts der Boden. ZPDB 2, Teil A, 1923, 329—362.

Niklas, H., Poschenrieder, H. & Trischler, J.: Eine neue mikrobiologische Methode zur Feststellung der Düngebedürftigkeit der Böden. ZPDB, Teil A, 18, 1930, 129—157.

— — — Die Kultur des Schimmelspilzes Aspergillus niger zur biochemischen Bestimmung der Kali- und Phosphorsäurebedürftigkeit der Böden. Die Ernährung der Pflanze, 26, 1930, 97—103.

Odynsky, W.: Solubility and distribution of phosphorus in Alberta soils. Scientific Agriculture 18, 1936, 652—664.

Oliver, W. F.: Absorption and translocation of phosphorus by foliage. Scientific Agriculture 32, 1952, 427—432.

Olsen, Carsten: The significance of concentration for the rate of ion absorption by higher plants in water culture. Comptes Rendus des travaux du laboratoire Carlsberg sèrie chimique. 27, 1950, nr. 11.

Olsen, Sterling R. & Gardner, Robert: Utilization of phosphorus from various fertilizer materials: IV. Sugar beets, wheat, and barley in Colorado. Soil Science 68, 1949, 163—169.

Opitz, K.: Über das Aneignungsvermögen und das Düngebedürfnis einiger Kulturpflanzen für Phosphorsäure. ZPDB 35, (80), 1944, 58—71.

Paauw, F. van der: Invloed van de kalktoestand beschikbaarheit van fosfaat op zandgrond. (Relation between the lime status and the availability of phosphate on a sandy soil). Verslag van Landbouwkundige Onderzoekingen 56, 1950, 1—19.

Parker, F. W.: Methods of studying the concentration and composition of the soil solution. Soil Science 12, 1921, 209—232.

Pearson, R. W. & Simonson, R. W.: Organic phosphorus in seven Iowa soil profiles: distribution and amounts as compared to organic carbon and nitrogen. S. Sc. Soc. Am. Proc. 4, 1940, 162—167.

— *Spry, R. & Pierre, W. H.:* The vertical distribution of total and dilute acid-soluble phosphorus in twelve Iowa soil profiles. J. Am. Soc. Agr. 32, 1940, 683—696.

Pedersen, Nørgaard, E. J.: Organiske fosforforbindelser i jorden. Eksamensopgave 1951. Landbohøjskolens Bibliotek.

— On phytin phosphorus in the soil. Plant and Soil 4, 1953, 252—266.

Perkins, A. T., Wagoner, C. E. & King, H. H.: Phosphorus fixation by soil separates and fractions. Soil Science 53, 1942, 37—41.

— *& King, H. H.:* Phosphate fixation by soil minerals: Mica and related groups. S.Sc.Soc.Am.Proc. 8, 1944, 154—158.

— — Phosphate fixation by soil minerals. II. Fixation by iron, silicon and titanium oxides. Soil Science 58, 1944, 243—250.

— — Phosphate fixation by soil minerals. III. Particle size. S. Sc. Soc. Am. Proc. 9, 1945, 61—65.

— Phosphate fixation by soil minerals. IV. General. Transactions Kansas Academy of Science 48, 1945, 209—217.

— Phosphate fixation by soil minerals: V. Time of reaction. S. Sc. Soc. Am. Proc. 10, 1946, 102—106.

— Phosphate solubility in relation to cations and pH: Magnesium. S. Sc. Soc. Am. Proc. 12, 1948, 185—187.

— Phosphate fixation by soil minerals. S. Sc. Soc. Am. Proc. 13, 1949, 99—101.

Peter, Alfred, M.: On the distribution of phosphorus in a vertical section of bluegrass soil. Soil Science 2, 1916, 387—393.

Petersen, Erik, J.: Undersøgelser over Winogradsky-Sacketts Metode til Bestemmelse af Kali- og Fosforsyretrang. T. f. P. 39, 1933, 781—821.

Petersen, H. Ingvard: Kan Ukrudtsfloraen give Oplysninger om Jordbundens Indhold af Plantenæringsstof. Ugeskrift for Landmænd 91, 1946, 233—234.

Pettinger, N. A.: The expressed sap of corn plants as an indicator of nutrient needs. Journal Agricultural Research 43, 1931, 95—119.

Pfeiffer, T., Simmermacher, W. & Rippel, A.: Der Gehalt der Haferpflanzen an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali unter verschiedenen Bedingungen und seine Beziehungen zu der durch eine Nährstoffzufuhr bedingten Ertragserhöhung. Journal für Landwirtschaft 67, 1919, 1—57.

Pierre, W. H. & Parker, F. W.: Soil phosphorus studies II. The concentration of organic and inorganic phosphorus in the soil solution and the availability of organic phosphorus to plants. Soil Science 24, 1927, 119—128.

Pierre, W. H. & Pohlman, G. G.: Preliminary studies of the exuded plant sap and the relation between composition of the sap and the soil solution. J. Am. Soc. Agr. 25, 1933, 144—160.

— — The phosphorus concentration of the exuded sap of corn as a measure of the available phosphorus of the soil. J. Am. Soc. Agr. 25, 1933, 160—171.

— The phosphorus cycle and soil fertility. J. Am. Soc. Agr. 40, 1948, 1—14.

Pierre, W. H. & Norman, A. G.: Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. Agronomy. A series of monographs. Prepared under the auspices of the American Society of Agronomy. Volume IV, 1953, 1—492.

Pohlman, G. G.: Some limitations of plant juice analyses as indicators of the nutrient needs of plants. J. Am. Soc. Agr. 27, 1935, 195—207.

Potter, R. S. & Benton, T. H.: The organic phosphorus of soils. Soil Science 2, 1916, 291—298.

— *& Snyder R. S.:* The organic phosphorus of soils. Soil Science 6, 1918, 321—332.

Poulsen, Find J.: Studier over forskellige Fosfaters Gødningsværdi. I. Om nogle Thomasfosfaters Gødningsværdi. 397. ber. T. f. P. 50, 1946, 617—632.

— Studier over forskellige Fosfaters Gødningsværdi. II. Om nogle Ferri- og Aluminiumfosfaters Gødningsværdi. 411. ber. T.f.P. 51, 1948, 616—639.

— Studier over forskellige fosfaters gødningsværdi. III. Om stofproduktionen og optagelsen af fosfor fra forskellige fosforgødninger. 428. ber. T.f.P. 53, 1950, 413—442.

Pratt, P. F. & Thorne, D. W.: Solubility and physiological availability of phosphate in sodium and calcium systems. S. Sc. Soc. Am. Proc. 13, 1949, 213—217.

Prince, A. B.: Residual effects of superphosphate application on soil phosphorus level and growt of crimson clover as measured by yield and phosphorus uptake. Soil Science 75, 1953, 51—57.

Pugh, A. F.: Laws of soil colloidal behavior: III. Colloidal phosphates. Soil Science 38, 1934, 315—334.

Rasmussen, L.: Oversigt over de sjællandske Landboforeningers Virksomhed for Planteavlens Fremme indtil Aaret 1948. 1949.

Rathje, W.: Zur Kenntnis der Phosphate, VI. Das Phosphatgleichgewicht im Boden. ZPDB 28, (73), 1942, 129—159.

Ravikovitch, S.: Anion exchange: I. Adsorption of phosphoric acid ions by soils. Soil Science 38, 1934, 219—239.

— Anion exchange: II. Liberation of the phosphoric acid ions adsorbed by soils. Soil Science 38, 1934, 279—290.

Rubins, E. J.: Residual phosphorus of heavily fertilized acid soils. Soil Science 75, 1953, 59—67.

Russell, E. J. & Prescott, J. A.: The reaction between dilute acids and the phosphorus compounds of the soil. Journal of Agricultural Science 8, 1916, 65—110.

Sackett, W. G. & Stewart, L. C.: A bacterial method for determining mineral soil deficiencies by use of the soil plaque. Colorado Agr. Exp. Sta. Bul. 375, 1931, 1—36.

Salonen, Martti: Fosforin esiintymismuodoista suomen maalajeissa. (Über die Formen des Vorkommens von Phosphor in dem Bodenarten Finnlands). Acta Agralia Fennica 48, 1941, 1—124.

— Kalkituksen vaikutuksista maaporän orgaaniseen ja helppoliukoiseen fosforiin. (Effect of liming on organic and easily soluble phosphorus of soil). Maataloustieteellinen Aikakauskirja 18, 1946, 1—10.

Salter, R. M. & Barnes, E. E.: The efficiency of soil and fertilizer phosphorus as affected by soil reaction. Ohio Exp. Sta. Bul. 553, 1935, 1—49.

Sanengen, A.: Vekstforsök med fosfatgödsel preparert med P^{32}. Nordisk Jordbruksforskning 31—32, 1950, 338—345.

Scarseth, G. D. & Tidmore, J. W.: The fixation of phosphates by soil colloids. J. Am. Soc. Agr. 26, 1934, 138—151.

— — The fixation of phosphates by clay soils. J. Am. Soc. Agr. 26, 1934, 152—162.

— The mechanism of phosphate retention by natural aluminosilicate colloids. J. Am. Soc. Agr. 27, 1935, 596—616.

— Plant-tissue testing in diagnosis of the nutritional status of growing plants. Soil Science 55, 1943, 113—120.

Schaller, F. W.: The downward movement of lime and superphosphate in relation to permanent pasture fertilization. S. Sc. Soc. Am. Proc. 5. 1941, 162—166.

Schleede, A., Schmidt, W. & Kindt, H.: Zur Kenntnis der Kalziumphosphate und Apatite. Zeits Elektrechem 30, 1932, 633—641.

Schoen, U.: Die Bindung von Anionen, besonders von Phosphat-Ioenen an Tonen — eine Übersicht. ZPDB 60, 1953, 31—54.

Schollenberger, C. J.: Organic phosphorus of soils. Experimental work on methods for extraction and determination. Soil Science 6, 1918, 365—395.

— Organic phosphorus content of Ohio soils. Soil Science 10, 1920, 127—141.

— Arsenate-displaceable phosphate in long-fertilized and unfertilized plot soils. Soil Science 64, 1947, 371—378.

Schreiner, O. & Shorey, E. C.: Chemical nature of soil organic matter. U. S. Dept. Agr. Bur. Soils. Bul. 74, 1911.

Semb, G.: Undersøkelser over innholdet av lettoppløselig fosforsyre i ulike skikter i en del jordprofiler. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole 21, 1941, 90—126.

— Undersøkelser over fosforsyrens oppløselighet og binding i østnorske jordtyper. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole 23, 1943, 1—145.

— Orienterende karforsøk over forholdet mellom jordens surhetsgrad og fosfatvirkningen. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole 28, 1943, 1—19.

— *& Rimeslåtten, H.:* Undersøkelser over jordens surhetsgrad og fosfattilstand på en del gårder i Buskerud Fylke og i Ås, Akershus Fylke. Jordundersøkelsenes småskrift nr. 29, 1944, 1—86. (også i Meld. fra Norges Landbrukshøgskole 1944).

Shorey, E. C.: Some organic soil contituents. U. S. Dept. Agr. Bur. Soils Bul. 88. 1913.

Sieling, Dale H.: Role of kaolin in anion sorption and exchange. S. Sc. Soc. Am. Proc. 11, 1947, 161—170.

Spinks, J. W. T. & Barber, S. A.: Study of fertilizer uptake using radioactive phosphorus. I. Scientific Agriculture, 27, 1947, 145—156. II. i 28, 1948 79—87 og III i 28, 1948, 309—314.

Stanford, George & Nelson, L. B.: Utilization of phosphorus as affected by placement. I. Corn in Iowa. Soil Science 68, 1949, 129—135.

— — Utilization of phosphorus from various fertilizer materials: III. Oats and alfalfa in Iowa. Soil Science 68, 1949, 157—161.

Steenbjerg, F.: Om kemiske Planteanalyser og deres Anvendelse. T. f. P. 49, 1945, 158—173.

Stelly, M. & Pierre, W. H.: Forms of inorganic phosphorus in the C horizons of some Iowa soils. S. Sc. Soc. Am. Proc. 7, 1943, 139—147.

Stephenson, R. E. & Chapman, H D.: Phosphate penetration in field soils. J. Am. Soc. Agr. 23. 1931, 759—770.

— *& Schuster, C. E.:* Laboratory, greenhouse and field methods of studying fertilizers needs. Soil Science 52, 1941, 137—153.

Stout, P. R.: Alterations in the crystal structure of clay minerals as a result of phosphate fixation. S. Sc. Soc. Am. Proc. 4, 1940, 177—182.

Struthers, Paul H., & Sieling, Dale H.: Effect of organic anions on phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. Soil Science 69, 1950, 205—213.

Swenson, R. M., Cole., C. V. & Sieling, D. H.: Fixation of phosphate by iron and aluminium and replacement by organic and inorganic ions. Soil Science 67, 1949, 3—22.

Teakle, L. J. H.: Phosphate in the soil solution as affected by reaction and cation concentrations. Soil Science 25, 1928, 143—163.

Thomas, Walter & Mack, Warren, B.: Foliar diagnosis in relation to development and fertilizer treatment of the potato. Journal of Agricultural Research 57, 1938, 397—414.

— Present status of diagnosis of mineral requirements of plants by means of leaf analysis. Soil Science 59, 1945, 353—374.

Thornton, S. F.: Soil and fertilizer studies by means of the Neubauer method. Purdue Univ. Agr. Exp. Sta. Bul. 399, 1935, 1—38.

— *Connor, S. D. & Fraser R. R.:* The use of rapid chemical tests on soils and plants as aids in determining fertilizer needs. Purdue Univ. Agr. Exp. Sta. Cir. 204, 1939.

Tidmore, J. W.: The phosphorus content of the soil solution and its relation to plant growth. J. Am. Soc. Agr. 22, 1930.

Tind-Christensen, J. C.: Gødnings- og kalkforsøg på dynd- og klægjorder. 439. ber. T. f. P. 54, 1951, 318—335.

Torstensson, G.: Ein Beitrag zur Frage der Verteilung der Düngerphosphorsäure im Ackerboden bei verschiedener Art der Aufbringung. Lantbrukshögskolans Annaler 4, 1937, 191—219.

— *& Eriksson, S.:* Konstgödselns nedbrukning vid användning av olika redskap. Kungl. Lantbruksakademiens Tidsk. 78, 1939, 215—234.

Toth, S. J. & Bear, F. E.: Phosphorus adsorbing capacities of some New Jersey soils. Soil Science 64, 1947, 199—211.

Truog, E.: The determination of readily available phosphorus in soils. J. Am. Soc. Agr. 22, 1930, 874—882.

Volk, G. W.: Response to residual phosphorus of cotton in continuous culture. J. Am. Soc. Agr. 37, 1945, 330—340.

Vries, de O. & Hetterschij, C. W. G.: Beweglichkeit der Phosphorsäure im Boden. ZPDB 2 (47), 1936, 178—186.

— — *& Paauw, F.:* Die Löslichkeit von Bodenphosphat in Wasser, Zitronensäure und Königswasser. ZPDB 6, (51) 1938, 144—154.

Ware, L. M., Brown, O. & Yates, H.: Residual effects of phosphorus on Irish potatoes in South Alabama. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 41, 1942, 265—269.

Way, J. T.: On the power of soils to absorb manure. Journal of the Royal Agricultural Society of England 11, 1850, 313—379.

Weis, Fr.: Fysiske og kemiske Undersøgelser over danske Hedejorder. Det kgl. danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser VII, 9, 1929.

Weiser, V. L.: Fixation and penetration of phosphates in Vermont soils. Vermont Agr. Exp. Sta. Bul. 356, 1933.

Welch, C. D., Hall, N. S. & Nelson, W. L.: Utilization of fertilizer and soil phosphorus by soybeans. S. Sc. Soc. Am. Proc. 14, 1950, 231—235.

Westermann, T.: Om Indholdet af Plantenæring i Vandet fra vore Vandløb. T. f. P. 4, 1898, 157—165.

Wiklander, L. & Hallgren, G.: Studies on gyttja soils. I. Distribution of different sulfur and phosphorus forms and of iron, manganese and calcium carbonate in a profile from Kungsängen. Lantbrukshögskolans Annaler 16, 1949, 811—827.

— Kinetics of phosphate exchange in soils. Lantbrukshögskolans Annaler 17, 1950, 407—424.

Wild, Alan: The retention of phosphate by soil. A review. Journal of Soil Science 1, 1950, 221—238.

— The effect of exchangeable cations on the retention of phosphate by clay. Journal of Soil Science 4, 1953, 72—85.

Williams, Colin, H.: Studies on soil phosphorus. I. A method for the partial fractionation of soil phosphorus. Journal of Agricultural Science 40, 1950, 233—242, 243—256, 257—262.

Wrangell, M. v.: Ueber Bodenphosphate und Phosphorsäurebedürftigkeit. I. Landwirtschaftliche Jahrbuch 63, 1926, 627—668.

— *& Haase, W.:* Ueber den Phosphorsäuregehalt natürlicher Bodenlösungen. IV. Landwirtschaftliche Jahrbuch 63, 1926, 707—738.

Wrenshall, C. L. & Dyer, W. J.: Organic phosphorus in soils. II. The nature of the organic phosphorus compounds. A, Nucleic acid derivatives. B, Phytin. III, The decomposition of some organic phosphorus compounds in soil cultures. Soil Science 51, 1941, 235—248, 323—329.

Yoshida, R. K.: Studies on organic phosphorus compounds in soil, isolation of inositol. Soil Science 50, 1940, 81—89.

Forsøg med oliehørsorter 1949-1952.

Ved **H. Bagge**

482. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

I 422. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur er meddelt resultater af forsøg i 1940—1943 med partier og sorter af oliehør og af forsøg i 1944—1947 med sorter af oliehør. I 1948 udsåedes enkelte nye oliehørsorter i orienterende forsøg ved et par forsøgsstationer, hvorefter der i 1949—1952 er gennemført forsøg med oliehørsorter ved 4 forsøgsstationer. For resultaterne af sidstnævnte forsøg gøres rede i nærværende beretning. Foreløbige oplysninger om forsøgene i 1949—1950 er givet i 460. meddelelse, og hovedresultaterne af alle forsøgene er offentliggjort i meddelelse nr. 501. Beretningen er udarbejdet af forstander *H. Bagge*, Aarslev.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Forsøgene i 1949—1952 har omfattet følgende sorter:

1. Trifolium Rekord
2. Dæhnfeldt Elite 6
3. Aarslev 2984
4. Klein nr. 18
5. Svaløf Valuta

i 1949—1950 desuden 6. Øtofte L. 59
og i 1951—1952 7. Øtofte L. 12

8. Langelands B. L.
9. Svaløf 01052.

Af disse sorter deltog nr. 1, 4 og 6 i forsøgene i 1944—1947, og nr. 2 er en rendyrkning af Dæhnfeldt Elite 369, som også var med i forsøgene i nævnte periode.

Forsøgsbetingelser.

Forsøgene er udført på lermuldet jord ved Lyngby, Tystofte, Aarslev og Ødum. Ved Lyngby og i 1949 og 1950 ved Ødum er hørren sået efter korn, i de øvrige forsøg efter bederoer. Den er gødet med 200—300 kg superfosfat og 200—300 kg 40 pct. kaligødning pr. ha. Kvælstofgødskningen har været følgende i kg pr. ha:

	Lyngby		Tystofte		Aarslev		Ødum		
	Kalks.	Sv.am.	Kalks.	Sv.am.	Kalks.	Ajle	Kalks.	Kalkam.	Sv.am.
1949.....	200	100	400	—	400	—	—	—	300
1950.....	200	90	400	—	400	—	200	—	—
1951.....	250	100	—	350	—	24000	—	400	—
1952.....	200	100	400	—	600	—	—	—	—

Superfosfat og kaligødning er udbragt i februar-marts og kvælstofgødning i reglen umiddelbart efter såningen. Ved Lyngby er kalksalpeter dog først givet 3—4 uger efter såningen, og ved Aarslev er ajle i 1951 tilført i februar.

Frøet er radsået på 10—15 cm rækkeafstand undtagen ved Aarslev 1949, hvor der blev benyttet 24 cm rækkeafstand. Af udsæd er anvendt 80—90 kg tørafsvampet, velspirende frø pr. ha, i enkelte tilfælde lidt mere eller lidt mindre, men nogenlunde ens for alle sorter. Såningen er foregået i sidste halvdel af april eller i de første dage af maj. Forsøgene har været anlagt med 5—6 fællesparceller à 20—35 m². Hørrens spiring i marken har gennemgående været god, men ved Lyngby i 1950 og ved Ødum i 1951 blev plantetallet henholdsvis ca. halvdelen og ca. to trediedele af det normale, der har været 700—800 planter pr. m².

Væksten har været god ved alle forsøgssteder i 1949. Et angreb af *Alternaria linicola* ved Lyngby og Aarslev har muligvis nedsat frøudbyttet noget, og angrebet var ikke lige stærkt udbredt i alle sorter. De følgende år blev væksten mere eller mindre hæmmet af tørke og/eller af ukrudt i forsommeren. Ukrudtet blev søgt bekæmpet ved sprøjtning med en blanding af et hormonmiddel og dinitroortokresol, men i flere tilfælde var det tillige nødvendigt at foretage håndlugning, hvorved nogen beskadigelse af hørren er forekommet. Enkelte angreb af hørjordlopper *(Longitarsus parvulus* og *Apthona euphorbiae)* er blevet virkningsfuldt bekæmpet ved pudring med D. D. T. Under de meget vanskelige bjergningsforhold — stadig regn under vejringen — ved Aarslev og Ødum i 1952 kunne fugleskade og andet frøspild ikke helt undgås, og forsøget ved Ødum, hvor afgrøden i forvejen var lille og uregelmæssig, måtte kasseres. De vækstkår, hvorunder sorterne er sammenlignet, vil bedst fremgå af nedenstående oversigt, der angiver frøudbyttet i de enkelte forsøg i gennemsnit for de 5 sorter, der har deltaget i samtlige forsøg. I oversigten er desuden anført det frøudbytte, der er opnået i praksis i forsøgsårene i gennemsnit for hele landet.

			hkg frø pr. ha		
	Lyngby	Tystofte	Aarslev	Ødum	Gns. for hele landet[1])
1949	18.9	25.0	18.1	20.7	12.3
1950	22.7	17.1	17.0	16.0	10.3
1951	16.3	17.6	13.8	11.2	10.5
1952	15.9	15.7	14.5	—	9.2

[1]) Efter Landbrugsministeriets udvalg vedr. ind- og udførsel af frø.

Udbyttet i forsøgene har varieret en del og har gennemgående, ligesom det også har været tilfældet i praksis, vist aftagende tendens fra 1949 til 1952, men når undtages Aarslev og Ødum i 1951 og Aarslev i 1952, må frøudbyttet i forsøgene betegnes som ret tilfredsstillende.

Udbyttebestemmelsen er sket ved vejning af den samlede afgrøde og efter tærskning ved vejning af frø og strå. I frøet er udført tørstofbestemmelse samt bestemmelse af råfedt, råprotein og jodtal. Frøudbyttet er angivet med 90 pct. tørstof. For de sorter, som ikke har deltaget i alle forsøgene, er resultaterne ved gennemsnitsberegninger omregnet i forhold til gennemsnit for de 5 sorter, der har været med i samtlige forsøg, således at gennemsnitstallene direkte kan sammenlignes.

Forsøgsresultaterne.

Frøudbyttet. Tabel 1 viser frøudbyttet i de enkelte forsøg i forholdstal med gennemsnit for de 5 først anførte sorter = 100. Sorterne er iøvrigt opført i rækkefølge efter antal forsøg og gennemsnitligt frøudbytte.

Af tabellen ses, at sorternes udbytteforhold varierer stærkt fra forsøg til forsøg og nogen fyldestgørende forklaring på årsagen hertil kan ikke gives. Det forholdsvis lave udbytte af Trifolium Rekord ved Aarslev i 1952 kan muligvis skyldes lidt større fugleskade end for de øvrige sorter, men sorten har også en forholdsvis

Tabel 1. Frøudbyttet i de enkelte forsøg.

Forholdstal.

Sortsbetegnelse	Lyngby				Tystofte				Aarslev				Ødum			Gns.
	1949	1950	1951	1952	1949	1950	1951	1952	1949	1950	1951	1952	1949	1950	1951	
Trifolium Rekord	104	103	104	99	100	101	103	111	113	108	104	91	110	107	106	104
Dæhnfeldt Elite 6	107	100	97	105	103	98	99	109	103	103	105	109	101	98	100	102
Aarslev 2984	102	101	101	102	99	93	104	101	102	86	102	111	104	96	104	100
Klein nr. 18	96	95	97	96	98	101	98	103	98	100	92	105	100	94	96	98
Svaløf Valuta	92	102	100	98	99	108	96	75	82	103	96	83	85	106	93	94
Øtofte L. 59	103	99	—	—	100	99	—	—	88	91	—	—	98	96	—	97
Øtofte L. 12	—	—	104	104	—	—	106	96	—	—	101	106	—	—	106	103
Langelands B. L.	—	—	96	94	—	—	98	92	—	—	100	90	—	—	104	97
Svaløf 01052	—	—	102	87	—	—	101	87	—	—	96	90	—	—	103	95

Gennemsnit af de første 5 sorter = 100.

Tabel 2. Frøudbytte.

Gennemsnit 1949—52.

Sortsbetegnelse	Lyngby		Tystofte		Aarslev		Ødum		Gennemsnit 1949–52		
	Antal forsøg	hkg pr. ha	Antal forsøg	hkg pr. ha	Antal forsøg	hkg pr. ha	Antal forsøg	hkg pr. ha	Antal forsøg	hkg pr. ha	Forholdstal
Trifolium Rekord	4	18.9	4	19.5	4	16.6	3	17.3	15	18.1	104
Dæhnfeldt Elite 6	4	18.9	4	19.3	4	16.6	3	15.9	15	17.8	102
Aarslev 2984	4	18.8	4	18.7	4	15.8	3	16.2	15	17.4	100
Klein nr. 18	4	17.7	4	18.8	4	15.7	3	15.5	15	17.0	98
Svaløf Valuta	4	18.1	4	18.0	4	14.4	3	15.0	15	16.4	94
Øtofte L. 59	2	18.7	2	18.7	2	14.1	2	15.5	8	16.9	97
Øtofte L. 12	2	19.1	2	19.1	2	16.3	1	16.7	7	17.9	103
Langelands B. L.	2	17.7	2	18.0	2	15.2	1	16.4	7	16.8	97
Svaløf 01052	2	17.7	2	17.9	2	14.8	1	16.3	7	16.6	95

dårlig placering ved Lyngby dette år. Trifolium Rekord, Dæhnfeldt Elite 6 og Aarslev 2984 har forholdstal over 100 i henholdsvis 12, 9 og 11 af 15 forsøg og Øtofte L. 12 har forholdstal over 100 i 6 af 7 forsøg, medens de øvrige sorter i et flertal af forsøgene ligger under gennemsnit af samtlige sorter.

Sorternes gennemsnitlige frøudbytte for hvert forsøgssted og for alle forsøg fremgår af tabel 2.

I gennemsnit for alle forsøgene har Trifolium Rekord givet højest frøudbytte, 18,1 hkg pr. ha, men den er tæt fulgt af Øtofte L. 12 og Dæhnfeldt Elite 6 med henholdsvis 0,2 og 0,3 hkg frø pr. ha mindre, dernæst følger Aarslev 2984 med 0,7 hkg frø pr. ha mindre end Trifolium Rekord. Resten af sorterne har givet 1,1—1,7 hkg frø mindre end sidstnævnte. Resultaterne fra de enkelte forsøgssteder følger nogenlunde samme rækkefølge som gennemsnit for alle forsøgene. Ved Ødum ligger Dæhnfeldt Elite 6 dog forholdsvis lavt og Langelands B. L. højt.

En beregning af usikkerheden på udbytteforskellen mellem sorterne to og to viser, at forskellen mellem Trifolium Rekord og de tre næstfølgende sorter er usikker, medens der skulle være en reel forskel mellem Trifolium Rekord og de øvrige sorter.

Frøkvaliteten. Til karakterisering af frøafgrødens kvalitet er der i denne for alle forsøg udført kornvægtsbestemmelse og råfedtbestemmelse og fra 1950 tillige bestemmelse af råprotein og jodtal. Sidstnævnte er udtryk for hørfrøoliens indhold af umættede fedtsyrer og dermed for dens tørrende evne, jo højere jodtal desto mere tørrende. Gennemsnitsresultaterne af disse undersøgelser er følgende:

	1000-korns-vægt g	pct. i frøet		Jod-tal
		råfedt	råprotein	
Trifolium Rekord	8.1	37.8	20.0	199
Dæhnfeldt Elite 6	8.2	38.7	19.4	199
Aarslev 2984	7.6	38.3	19.8	205
Klein nr. 18	7.8	38.0	20.0	202
Svaløf Valuta	7.3	38.7	19.3	201
Øtofte L. 59	7.5	38.0	19.3	198
Øtofte L. 12	7.1	38.2	18.9	201
Langelands B. L.	8.0	37.3	20.0	204
Svaløf 01052	6.0	38.6	19.6	198

1000-kornsvægten varierer fra 8,2 g hos Dæhnfeldt Elite 6 til 6,0 g hos Svaløf 01052. Næstefter Dæhnfeldt Elite 6 i frøstørrelse følger Trifolium Rekord og Langelands B. L. med 8,1—8,0 g, Klein nr. 18 med 7,8, Aarslev 2984 og Øtofte L. 59 med 7,6—7,5 og endelig Svaløf Valuta og Øtofte L. 12 med 7,3—7,1 g pr. 1000 frø.

Forskellen i sorternes råfedtindhold er kun lille. Fraregnet Langelands B. L., der har lavest råfedtindhold, 37,3 pct. er forskellen mellem sorterne under 1 pct. råfedt. Højest kommer Dæhnfeldt Elite 6 og Svaløf Valuta med 38,7 pct., dernæst Svaløf 01052 med 38,6 og resten ligger omkring 38 pct.

Frøets indhold af råprotein er heller ikke meget forskelligt for sorterne, det højeste indhold er 20,0 pct. hos Trifolium Rekord, Klein nr. 18 og Langelands B. L. og det laveste, 18,9 pct., hos Øtofte L. 12.

Alle sorterne har tilfredsstillende højt jodtal. For Aarslev 2984 og Langelands B. L. er det særligt høj, 205—204, medens det for de øvrige sorter er omkring 200.

På grundlag af frøudbytte og indhold af råfedt og råprotein er der i nedenstående oversigt beregnet *udbytte af råfedt* og *råprotein* som gennemsnit af samtlige forsøg:

	kg pr. ha		Forholdstal1)	
	råfedt	rå-protein	råfedt	rå-protein
Trifolium Rekord	685	363	103	106
Dæhnfeldt Elite 6	689	345	104	101
Aarslev 2984	668	346	100	101
Klein nr. 18	646	339	97	99
Svaløf Valuta	637	318	96	93
Øtofte L. 59	643	327	97	96
Øtofte L. 12	684	338	103	99
Langelands B. L.	627	336	94	98
Svaløf 01052	641	326	96	95

1) Gennemsnit for de fem første sorter = 100

Rækkefølgen i råfedtudbytte er omtrent som for frøudbytte, dog rykker Dæhnfeldt Elite 6 her op som nr. 1 med 689 kg råfedt pr. ha, og de to nederste sorter bytter plads. I råproteinudbytte ligger Aarslev 2984 forholdsvis højt og Øtofte L. 12 forholdsvis lavt, ellers er rækkefølgen i råproteinudbytte også den samme som for frøudbytte, højest råproteinudbytte har Trifolium Rekord, 363 kg pr. ha.

Stråudbyttet er i de fleste forsøg bestemt ved vejning af strået og ikke som almindeligt i kornforsøg beregnet som differens mellem samlet afgrøde og frø.

I nedenstående oversigt er meddelt stråudbyttet som gennemsnit for hvert forsøgssted og for samtlige forsøg.

Stråudbytte, gennemsnit 1949—1952.

			hkg pr. ha			Forholdstal, gens.
	Lyngby	Tystofte	Aarslev	Ødum	Gens.	
Trifolium Rekord . .	22.2	17.2	24.5	17.2	20.8	92
Dæhnfeldt Elite 6 . .	23.7	18.2	26.3	17.7	22.0	97
Aarslev 2984	25.7	19.7	27.6	19.9	23.7	105
Klein nr. 18	22.8	18.3	23.7	17.9	21.1	93
Svaløf Valuta	29.6	21.5	27.2	21.0	25.5	113
Øtofte L. 59	24.9	18.8	26.4	19.4	22.6	100
Øtofte L. 12	24.8	19.3	25.7	18.9	22.6	100
Langelands B. L. . .	19.7	14.4	20.7	15.6	17.9	79
Svaløf 01052	24.2	22.9	28.4	21.1	25.9	115

Med enkelte undtagelser, Klein nr. 18 og Langelands B. L., der har lavt stråudbytte, står dette i gennemsnit for alle forsøgene omtrent i omvendt forhold til frøudbyttet, og resultaterne fra de enkelte forsøgssteder stemmer ret godt overens hermed. Svaløf 01052 har givet det største stråudbytte, 25,9 hkg pr. ha og Langelands B. L. det mindste, 17,9 hkg pr. ha. De sorter, der ligger højest i frøudbytte, giver fra 20,8 til 22,6 hkg strå pr. ha.

En oversigt over *plantehøjde*, sorternes *lejetilbøjelighed*, antal planter med *hvide blomster* samt *blomstrings-* og *modningsdato* er givet i følgende:

	Plantehøjde, cm	Karakter for lejetilbøjelighed 0–10 0 = helt stående	Hvidblomstrede planter ‰	Dato for beg. blomstring i juni	afsluttet blomstring i juli	modning i august
Trifolium Rekord...	52	0.3	3.2	23	18	27
Dæhnfeldt Elite 6...	52	0.7	0.1	25	17	29
Aarslev 2984.......	56	0.6	0.9	23	17	27
Klein nr. 18........	52	0.8	0.2	21	16	23
Svaløf Valuta......	60	1.8	0.2	26	20	29
Øtofte L. 59........	53	1.6	1.0	22	19	25
Øtofte L. 12........	55	0.4	2.7	26	20	1/9
Langelands B. L....	48	2.0	0.7	24	17	29
Svaløf 01052.......	63	1.6	0.0	29	19	28

Plantehøjden er målt i de fleste forsøg, i gennemsnit har der været en forskel på 15 cm mellem den højeste og den laveste sort. Plantehøjden følger nogenlunde samme rækkefølge som stråudbyttet. Svaløf 01052 er højest og Langelands B. L. lavest.

Kun i 7 forsøg har der været antydning af lejetilbøjelighed, og gennemsnitstallene herfor er derfor noget usikre. Trifolium Rekord og Øtofte L. 12 har vist mindst og den kortstråede Langelands B. L., de to Svaløfsorter og Øtofte L. 59 størst lejetilbøjelighed.

I sorterne er forekommet et forskelligt antal hvidblomstrede planter, og disse er optalt på 1 m² i hver parcel i 8 forsøg. Gennemsnitsresultaterne ses af oversigten. Kun een sort, Svaløf 01052, har været helt uden hvidblomstrede planter, medens Trifolium Rekord, der har flest, har 3,2 promille, Øtofte L. 12 2,7, Aarslev 2984 og Øtofte L. 59 omkring 1, Langelands B. L. 0,7 og resten af sorterne 0,2—0,1 promille.

Dato for blomstring og modning er noteret i de fleste forsøg. Ved begyndende blomstring har der i gennemsnit været en forskel i sorternes tidlighed på 8 dage, ved afsluttende blomstring har forskellen kun været 4 og ved modning 9 dage. Blomstringstiden har varieret fra 20—27 dage, kortest for Svaløf 01052 og længst for Øtofte L. 59. Tidsrummet mellem afsluttende blomstring og modning har varieret fra 37 dage hos Øtofte L. 59 til 43 dage hos

Dæhnfeldt Elite 6 og Langelands B. L. Det samlede tidsrum fra begyndende blomstring til modning har været kortest for Svaløf 01052, 60 dage, og længst hos Øtofte L. 12 og Langelands B. L., 66 dage. Klein nr. 18 er den tidligste sort såvel ved blomstring som ved modning. Øtofte L. 59 modner et par dage og Øtofte L. 12 ca. 8 dage senere. For de øvrige sorter er modningen faldet midt imellem de to Øtoftesorter.

Sygdomme. Som nævnt foran var oliehørren i 1949 ved Lyngby og Aarslev angrebet af *Alternaria linicola*. Begge steder blev givet en karakter for angrebets styrke efter en skala 0—10, hvor 0 = intet og 10 = stærkt angreb med følgende resultat:

Karakter for angreb af *Alternaria linicola*.

	Trifolium Rekord	Dæhnfeldt Elite 6	Aarslev 2984	Klein nr. 18	Svaløf Valuta	Øtofte L. 59
Lyngby...........	9.2	7.2	8.6	10.0	7.8	5.0
Aarslev...........	7.0	7.4	4.4	9.8	4.2	8.6

Klein nr. 18 har i begge forsøg været stærkest angrebet, men ellers er der ikke særlig god overensstemmelse mellem angrebsstyrken i de to forsøg.

Oversigt over sorterne.

Trifolium Rekord tilhører A/S Trifolium Frø, København. Den er udvalgt i La Platahør. Sorten har givet højest udbytte af frø (den lå forholdsvis lavt ved Lyngby og Aarslev i 1952), næsthøjest udbytte af råfedt og af de sorter, der har deltaget i alle forsøg, lavest udbytte af strå. Frøet er ret stort med forholdsvis lavt råfedtindhold. Strået er kort og stivt. I sorten forekommer forholdsvis mange hvidblomstrede planter, 3,2 promille. Den er middeltidlig.

Dæhnfeldt Elite 6 tilhører A/S L. Dæhnfeldt, Odense. Sorten nedstammer ligesom foregående fra La Platahør og er en rendyrkning af Dæhnfeldt Elite 369. Den har givet 2 pct. mindre frøudbytte, lidt højere råfedtudbytte og 6 pct. større stråudbytte end Trifolium Rekord. Frøet er ret stort og har ret højt råfedtindhold. Strået er kort og ret stivt. Enkelte hvidblomstrede planter forekommer. Sorten er middeltidlig.

Aarslev 2984, der tilhører Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, er også udvalgt i La Platahør. Den har varieret ret stærkt i udbytte. I frø- og råfedtudbytte har sorten i gennemsnit givet henholdvis 4 og 2 pct. mindre og i stråudbytte 14 pct. mere end Trifolium Rekord. Frøet er middelstort og har middelhøjt råfedtindhold og råfedtet har højt jodtal. Strået er middellangt og ret stivt. Der forekommer en del hvidblomstrede planter, 0,9 promille. Sorten er middeltidlig.

Klein nr. 18 er en argentinsk sort, tiltrukket af ingeniør Enrique Klein, Estacion, Plà, Argentina. Sorten er importeret af A/S Langelands Frøavlskompagni, Rudkøbing, og indsendt til forsøgene gennem Pajbjergfonden, Børkop. Den har givet 6 pct. mindre frø- og råfedtudbytte og omtrent samme stråudbytte som Trifolium Rekord. Frøets kornvægt er lidt over og råfedtindholdet lidt under middel. Strået er kort og ret stivt. Enkelte hvidblomstrede planter forekommer. I et par forsøg har sorten været stærkere angrebet af *Alternaria linicola* end de øvrige sorter. Den modner tidligt.

Svaløf Valuta, der tilhører Sveriges Utsädesforening, Svaløf, Sverige, er af rumænsk oprindelse. Den har varieret stærkt i udbytte. I gennemsnit har den givet 9 pct. mindre frøudbytte og 23 pct. større stråudbytte end Trifolium Rekord. Frøets kornvægt er ret lille og dets råfedtindhold lidt over middel. Strået er langt og noget blødt. Der forekommer enkelte hvidblomstrede planter. Sorten er middeltidlig.

Øtofte L. 59 og **Øtofte L. 12** tilhører Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger og Danske Landboforeningers Frøforsyning. De er begge udvalgt i La Platahør.

Øtofte L. 59 har kun deltaget i 8 forsøg og har i gennemsnit for disse givet 7 pct. mindre frøudbytte, 6 pct. mindre råfedtudbytte og 9 pct. større stråudbytte end Trifolium Rekord. Frøet er middelstort med lidt under middel råfedtindhold. Strået er ret kort, men lidt blødt. En del hvidblomstrede planter forekommer, 1,0 promille. Den er ret tidlig moden.

Øtofte L. 12 har ligesom de to følgende sorter kun været med i 7 forsøg. Sorten har givet omtrent samme udbytte af frø og råfedt som Trifolium Rekord, men 9 pct. større stråudbytte end denne. Frøets kornvægt er ret lav, men råfedtindholdet middelhøjt.

Hovedtabel.

Forsøg med sorter af oliehør.

hkg pr. ha.

	Ialt	Frø	Strå	Ialt	Frø	Strå	Ialt	Frø	Strå	Ialt	Frø	Strå
	1949			1950			1951			1952		
Lyngby												
Trifolium Rekord	65.1	19.6	25.0	61.5	23.3	23.8	54.6	16.9	20.6	49.4	15.8	19.2
Dæhnfeldt Elite 6	63.0	20.2	27.6	62.3	22.8	25.4	52.6	15.8	19.5	53.6	16.7	22.2
Aarslev 2984	67.4	19.3	30.0	63.1	23.0	25.4	54.4	16.5	23.5	53.8	16.2	23.7
Klein nr. 18	61.8	18.2	26.6	58.3	21.5	23.3	51.9	15.8	21.1	48.2	15.2	20.1
Svaløf Valuta	67.0	17.3	32.4	69.8	23.1	32.3	58.2	16.3	26.9	57.1	15.6	26.7
Øtofte L. 59	65.1	19.4	27.0	66.3	22.5	27.6	—	—	—	—	—	—
Øtofte L. 12	—	—	—	—	—	—	54.1	16.9	22.3	54.4	16.5	22.5
Langelands B. L.	—	—	—	—	—	—	47.3	15.6	17.3	45.4	14.9	17.2
Svaløf 01052	—	—	—	—	—	—	62.1	16.7	28.1	53.5	13.9	25.0
Tystofte.												
Trifolium Rekord	59.8	24.9	—	41.2	17.3	11.5	53.6	18.2	19.8	57.0	17.4	21.5
Dæhnfeldt Elite 6	62.1	25.8	—	43.2	16.8	12.7	52.1	17.5	19.6	57.3	17.1	22.4
Aarslev 2984	64.6	24.8	—	41.7	15.9	13.4	54.2	18.3	21.5	57.0	15.9	24.1
Klein nr. 18	62.6	24.6	—	42.9	17.2	13.9	50.0	17.2	19.5	56.1	16.2	21.6
Svaløf Valuta	66.9	24.8	—	51.0	18.4	19.3	54.8	16.9	24.0	47.9	11.8	21.1
Øtofte L. 59	63.6	24.9	—	44.4	16.9	13.9	—	—	—	—	—	—
Øtofte L. 12	—	—	—	—	—	—	53.0	18.7	20.3	54.2	15.1	23.0
Langelands B. L.	—	—	—	—	—	—	46.4	17.2	16.3	48.8	14.4	17.3
Svaløf 01052	—	—	—	—	—	—	58.8	17.8	24.3	57.9	13.6	26.3

Aarslev

Trifolium Rekord	60.9	20.5	25.7	44.6	18.4	—	42.0	14.3	27.4	54.3	13.2	20.4
Dæhnfeldt Elite 6	61.1	18.7	28.0	44.2	17.5	—	45.3	14.5	30.6	55.3	15.8	20.3
Aarslev 2984	60.3	18.4	28.0	40.4	14.6	—	46.0	14.1	32.2	55.0	16.1	22.5
Klein nr. 18	58.0	17.8	27.1	43.7	17.0	—	39.3	12.7	26.5	47.7	15.2	17.4
Svaløf Valuta	58.3	14.9	28.3	50.0	17.5	—	45.7	13.2	32.6	48.3	12.0	20.7
Øtofte L. 59	57.4	16.0	26.9	45.0	15.5	—	—	—	—	—	—	—
Øtofte L. 12	—	—	—	—	—	—	44.0	13.9	29.8	50.0	15.3	19.9
Langelands B. L.	—	—	—	—	—	—	39.3	13.8	25.9	41.7	13.1	13.9
Svaløf 01052	—	—	—	—	—	—	46.3	13.2	33.0	50.3	13.0	22.2

Ødum.

Trifolium Rekord	58.8	22.8	19.8	45.8	17.1	—	38.0	11.9	14.5	—	—	—
Dæhnfeldt Elite 6	56.9	20.9	20.7	44.4	15.7	—	36.1	11.2	14.6	—	—	—
Aarslev 2984	59.8	21.6	23.7	44.3	15.4	—	37.3	11.6	16.1	—	—	—
Klein nr. 18	58.9	20.6	22.2	42.3	15.0	—	36.4	10.8	13.5	—	—	—
Svaløf Valuta	56.7	17.5	23.7	47.5	17.0	—	39.9	10.4	18.3	—	—	—
Øtofte L. 59	58.8	20.3	22.7	45.8	15.4	—	—	—	—	—	—	—
Øtofte L. 12	—	—	—	—	—	—	39.0	11.9	15.6	—	—	—
Langelands B. L.	—	—	—	—	—	—	36.9	11.6	12.3	—	—	—
Svaløf 01052	—	—	—	—	—	—	43.3	11.5	17.8	—	—	—

Strået er middellangt og stivt. Sorten er sildig og indeholder forholdsvis mange hvidblomstrede planter, 2,7 promille.

Langelands B. L. er en argentinsk sort, Benvenuto Labrador, importeret og indsendt til forsøgene af A/S Langelands Frøavlskompagni, Rudkøbing. Den har givet 7, 8 og 14 pct. mindre udbytte af henholdsvis frø, råfedt og strå end Trifolium Rekord. Frøvægten er ret høj, råfedtindholdet i frøet lavt og råfedtet har højt jodtal. Strået er meget kort, men alligevel ret blødt. En del hvidblomstrede planter forekommer, 0,7 promille. Den er middeltidlig.

Svaløf 01052 tilhører samme virksomhed som Svaløf Valuta og er udvalgt i La Platahør. Sorten har i frø- og råfedtudbytte givet henholdsvis 8 og 6 pct. mindre og i stråudbytte 25 pct. mere end Trifolium Rekord. Frøet er lille med lidt over middel råfedtindhold. Strået er langt og lidt blødt. Sorten er middeltidlig.

Forsøg med forskellig jordreaktion til asparges og rabarber.

Ved **M. Blangstrup Jørgensen** og **Aksel Henriksen.**

483. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

På statens forsøgsstation, Spangsbjerg, har der i årene 1928—40 været udført forsøg med stigende kalkmængder til etårige køkkenurter, og herom er der givet en redegørelse i 332. meddelelse. Fra 1944 er arealet dyrket med asparges og rabarber. Resultaterne fra dette forsøg er samlet i efterfølgende beretning, der for asparges omfatter årene 1944—53 og for rabarber 1944—49. Beretningen er udarbejdet af forstander *M. Blangstrup Jørgensen* og assistent *Aksel Henriksen.*

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Forsøgsarealet ved statens forsøgsstation, Spangsbjerg, har en god sandmuldet jord med lerblandet sandunderlag, og læforholdene er særdeles gode. Efter afslutningen af forsøgsserien med eetårige køkkenurter i 1940, er der i tre år dyrket hamp eller vårsæd, hvorefter man har påbegyndt forsøg med asparges og rabarber.

Asparges.

Forsøgets anlæg.

Forud for forsøgets påbegyndelse med tilplantning af asparges i 1944 blev der i forsøgsparcellerne udtaget jordprøver til bestemmelse af reaktionstal. Reaktionstallene lå lavere end ønskeligt, og man fandt det rigtigst at hæve disse noget. Det var derfor meningen, at der skulle tilføres jordbrugskalk i 1944, men dette skete imidlertid først i begyndelsen af 1946 på grund af forsyningsvanskeligheder under den sidste del af krigen. Analyser af jordprøver udtaget i 1947 viste, at de tilførte kalkmængder ikke direkte gav sig til kende i højere reaktionstal, men kalken har formodentlig i nogen grad ophævet et fald i reaktionstallene fra 1944 til 1946. I 1950 tilførtes nye mængder jordbrugskalk. Kontrolanalyserne ved forsøgets afslutning i 1953 viste, at reaktionstallene nu var hævet passende. De forskellige forsøgsled er i tabel 1 karakteriseret ved gennemsnit af reaktionstallene i de tre treårs-perioder i årene 1944—53. Dette kan naturligvis kun blive tilnærmede udtryk for de forskellige forsøgsleds reaktionstilstand i forsøgsperioden.

Af gødning er der i de første år, før stikningen begyndte, brugt ca. 400 kg kaligødning pr. ha, senere i høstårene 500—600 kg. Kvælstofgødning er tilført med 600—900 kg pr. ha enten som kalksalpeter eller som chilesalpeter. I 1945 er der givet 500 kg superfosfat pr. ha.

Kalium-, fosforsyre- og mangananalyser efter forsøgets afslutning i 1953 viste ingen væsentlige forskelle imellem de enkelte forsøgsled. Kaliumtallene var høje, medens fosforsyre- og mangantallene var temmelig lave.

Tabel 1. **Reaktionstal og tilført jordbrugskalk i forsøgsperioden.**

Forsøgsled:	a	b	c	d	e
Reaktionstal 1944	5.8	6.0	6.2	6.8	7.4
Tilført jordbrugskalk 1946, tons pr. ha	0.0	1.7	3.1	2.8	6.1
Reaktionstal 1947	5.4	5.9	6.0	6.5	7.2
Tilført jordbrugskalk 1950, tons pr. ha	1.6	2.5	4.5	4.6	8.5
Reaktionstal 1953	5.9	6.2	6.9	7.2	7.8
Reaktionstal, gns. 1944—53	5.7	6.0	6.4	6.8	7.5
Tk 1953	18.5	16.2	16.0	16.6	15.5
Ft —	4.4	4.4	4.0	4.1	4.4
TMn —	2.00	2.80	2.63	2.85	2.50

Plantebestand og vækst.

Plantematerialet var kraftige 1-årige planter af sorten Dansk Kæmpe, der blev plantet med en rækkeafstand på 190 cm og en planteafstand i rækken på 20 cm. I sommeren 1946 foretoges en planteregulering, så planteafstanden i rækken blev 40 cm, og en optælling viste, at der tilbage var cirka lige mange han- og hunplanter, hvilket også var tilfældet ved forsøgets afslutning.

Forsøget havde 5 forsøgsled hver med 4 fællesparceller. Høstparcellen var på 34,2 m^2.

Gennem forsøgsårene er der foretaget optælling af antal planter og gjort notater om planternes vækstkraft, således som det fremgår af tabel 2. Det ses, at der allerede året efter plantningen fremkommer den største nedgang i plantetallet ved den lave reaktion, og karakterfordelingen for plantestørrelse viser tydeligt, at planterne gror bedst til ved den høje reaktion. Ved afslutningen af forsøget i 1953 er planterne delt op i store, middel og små, og det er ligeledes her tydeligt, at planterne er groet bedst til ved den høje reaktion.

Der har ikke været særlig stærke angreb af sygdomme i kulturen. I 1948 satte det hen på sommeren ind med et lettere angreb af aspargesrust, der i nogen grad blev bekæmpet ved sprøjtning med bordeauxvædske. Måske er dette angreb forkla-

Tabel 2. Plantebestand og vækstkraft.
Antal planter pr. a.

Reaktionstal, gns. 1944—53:		5.7	6.0	6.4	6.8	7.5
1944 Planteantal ved plantning om foråret		264	264	264	264	264
1945 Planteantal om efteråret		180	208	201	214	208
Antal planter i procent, der har fået	5	0	8	22	32	38
karakter 1—5 for plantestørrelse.	4	4	13	22	29	32
Størst = 5	3	6	17	29	30	18
	2	10	19	27	26	18
	1	11	20	26	22	21
1946 Regulering af planteantal til		132	132	132	132	132
1950 Planteantal		114	121	124	122	126
1953 Planteantal		80	95	93	88	89
Antal planter i procent:						
store		7	22	22	21	28
middel		18	21	22	21	18
små		25	21	18	18	18

ringen på det følgende års meget lave udbytter. Der har igennem årene været iagttaget spredte angreb af aspargesbillen, der er bekæmpet ved D.D.T.-pudring.

Forsøgets resultater.

De enkelte års udbyttetal er opført i tabel 3. Der er høstet i en kort periode i 1947, men udbyttet herfra er ikke medregnet i opgørelsen.

Tabel 3. Udbytte i kg pr. a og forholdstal i de enkelte forsøgsår.

Reaktionstal, gns. 1944—53:		5.7		6.0		6.4		6.8		7.5		Ialt gns.
År	Stikketidens beg.	store og middel	ialt	store og middel	ialt	store og middel	ialt	store og middel	ialt	store og middel	ialt	
1948	24/4	17.1	26.7	25.1	37.0	25.2	39.6	29.4	44.2	29.5	43.7	38.2
			100		139		148		166		164	
1949	3/5	5.9	9.3	8.4	13.0	8.7	14.2	9.7	15.5	9.6	16.5	13.7
			100		140		153		167		177	
1950	10/5	10.0	20.5	15.7	28.9	14.5	29.5	17.0	33.3	17.6	35.1	29.5
			100		141		144		162		171	
1951	15/5	8.0	16.9	14.8	26.8	14.1	27.9	14.7	30.6	14.8	30.8	26.6
			100		159		165		181		182	
1952	6/5	7.1	14.8	13.2	24.8	11.2	24.9	12.1	26.9	14.9	30.2	24.3
			100		168		168		182		204	
1953	4/5	7.9	19.3	15.2	33.0	15.3	35.1	14.7	36.0	16.9	38.7	32.4
			100		171		182		187		201	
Gns.		9.3	17.9	15.4	27.2	14.8	28.5	16.3	31.1	17.2	32.5	27.5
Forholdstal..			100		152		159		174		182	

Særlig store svingninger i udbyttet fra år til år er der ikke; kun året 1948 havde et meget stort udbytte, og det følgende år et meget lille udbytte. Som tidligere nævnt kan årsagen hertil måske være svækkelse fra et aspargesrustangreb i 1948, men også det forhold, at man i 1948 har påbegyndt stikningen meget tidligt, kan have givet eftervirkninger i 1949.

I tabellen er totaludbytterne opført med forholdstal, der tydeligt viser en stor stigning fra laveste til højeste reaktion. Udbyttet af »store« og »middel« går i samme retning. Forholdstallene er praktisk taget ens i de 3 første høstår, selv det lave udbytte i 1949 holder samme linie. Efter kalktilførsel i 1950 er udbytteforskellene mellem lave og høje reaktionstal blevet endnu tydeligere.

Stigningen i det gennemsnitlige merudbytte er størst fra første til andet forsøgsled, ca. 50 pct., men stiger iøvrigt jævnt til højeste reaktion med et merudbytte på 82 pct. i forhold til laveste reaktion.

Da jorden i parcellerne med de høje reaktionstal om foråret har en lysere tone og synes tidligere bekvem, kunne det formodes, at tidligheden af udbyttet også var størst her. Dette er dog ikke tilfældet, idet tabel 4 viser, at avlen er overordentlig ens fordelt i perioderne.

Tabel 4. Udbyttets procentvise fordeling i høstperioden.
Gennemsnit 1948 og 1950—53.

Reaktionstal, gns. 1944—53:	5.7	6.0	6.4	6.8	7.5
Høst før $^{10}/_{5}$	10	9	10	11	11
» $^{11-20}/_{5}$	26	25	25	25	25
» $^{21-31}/_{5}$	24	25	24	25	24
» $^{1-10}/_{6}$	23	24	24	24	24
» efter $^{10}/_{6}$	17	17	17	15	16

I tabel 5 gives en oversigt over det samlede gennemsnitlige udbytte med oplysninger om avlens kvalitet.

Tabel 5. Udbyttets fordeling i sorteringer.
Gennemsnit pr. a 1948—53.

Reaktionstal, gns. 1944—53:	5.7		6.0		6.4		6.8		7.5	
	ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg
Store skud over 40 g	95	4.3	165	7.5	157	7.0	168	7.6	189	8.6
Middelstore, 25—40 g	170	5.0	264	7.9	261	7.8	293	8.7	292	8.6
Ialt store og middel	265	9.3	429	15.4	418	14.8	461	16.3	481	17.2
Små skud under 25 g	567	8.6	770	11.8	905	13.7	985	14.8	1011	15.3
Samlet udbytte	832	17.9	1199	27.2	1323	28.5	1446	31.1	1492	32.5
Samlet udbytte, forholdstal		100		152		159		174		182
Skudvægt, gns. g		21.5		22.7		21.5		21.5		21.8

Det ses af tabellen, at udbyttet af store skud over 40 g er fordoblet fra laveste til højeste reaktionstal. Udbyttet af sorteringen 25—40 g er steget med ca. 70 pct., medens udbyttet af små skud under 25 g er næsten fordoblet. Antal store og middel skud udgør såvel ved laveste som ved højeste reaktion 32 pct. af den samlede høst. De tilsvarende vægtprocenter er ligeledes ens, nemlig 52 pct. Højt reaktionstal giver således større udbytte, men indvirker ikke væsentligt på fordelingen i størrelsesklasserne, og den gennemsnitlige skudvægt bliver ens i alle forsøgsled.

Rabarber.

Forsøgets anlæg.

Forud for forsøgets påbegyndelse med tilplantning af rabarber i 1944 blev der i forsøgsparcellerne udtaget jordprøver til bestemmelse af reaktionstal.

Tabel 6 viser reaktionstallene gennem årene og mængderne af tilført kalk. Analyser af jordprøver udtaget i 1947 viste, at de i 1946 tilførte kalkmængder ikke gav sig til kende i højere reaktionstal, men kalken har formodentlig i nogen grad ophævet et fald i reaktionstallene fra 1944 til 1946. Forsøget høstedes sidste gang i 1949. De forskellige forsøgsled er i tabel 6 karakteriseret ved gennemsnit af reaktionstallene ved forsøgets påbegyndelse og afslutning samt midt i forsøgsperioden. Dette kan naturligvis kun blive tilnærmede udtryk for de forskellige forsøgsleds reaktionstilstand i forsøgsperioden.

Tabel 6. Reaktionstal og tilført jordbrugskalk i forsøgsperioden.

Forsøgsled	1	2	3	4
Reaktionstal 1944	5.8	6.2	6.8	7.4
Tilført jordbrugskalk 1946, tons pr. ha	0.0	3.1	2.8	6.1
Reaktionstal 1947	5.4	6.0	6.5	7.2
Reaktionstal 1950	5.6	6.2	6.6	7.3
Reaktionstal, gns. 1944—50	5.6	6.1	6.6	7.3

Af gødning er der årligt anvendt ca. 300 kg kaligødning pr. ha. Kvælstofgødning er tilført med 600—900 kg kalksalpeter pr. ha, fordelt på 2 udbringninger. I 1945 er der givet 300 kg superfosfat pr. ha. Desværre foreligger der ikke som ved aspargesforsøget jordbundsanalyser ved forsøgets afslutning.

Plantebestand og vækst.

Plantematerialet var kraftige planter af de tre rødstilkede sorter: Vinrabarber, Marshalls Early Red og Hawkes Champagne (svagere rød) samt den grønstilkede, kraftigt voksende sort Victoria. De blev alle plantet med en rækkeafstand på 190 cm og en planteafstand i rækken på 135 cm, hvilket giver 39 planter pr. a.

Forsøget havde 4 forsøgsled, hver med 4 fællesparceller. Hver fællesparcel var tilplantet med 1 sort. Høstparcellen var 30,8 m^2.

Væksten har gennem forsøgsårene været særdeles sund og frodig. Kun enkelte planter af Vinrabarber og Marshalls Early Red har været angrebet af rodfiltsvamp.

Høsttiden har gennem årene været:

	Antal trækninger	Udbytte gns. kg pr. a.
1945 fra $^{24}/_{4}$ til $^{14}/_{6}$	3	215
1946 » $^{23}/_{4}$ » $^{13}/_{5}$ og $^{20}/_{8}$	3—4	393
1947 » $^{8}/_{5}$ » $^{19}/_{6}$	2—3	273
1948 » $^{21}/_{4}$ » $^{13}/_{5}$	2—3	180
1949 » $^{5}/_{5}$ » $^{13}/_{6}$	4	387

Forsøgets resultater.

De enkelte års udbyttetal er opført i tabel 7. Som tidligere nævnt repræsenterer hver sort kun en parcel i hvert forsøgsled, og udbyttetallene er som følge deraf enkelttal og ikke gennemsnit af flere fællesparceller, hvilket bør haves i erindring, når man ser på tabellen.

I tabellen er beregnet gennemsnitligt udbytte for de tre rødstilkede sorter, og i tabellens to sidste kolonner er opstillet forholdstal for udbytte af rødstilkede og grønstilkede. Af tabellen

Tabel 7. Udbytte i kg pr. a og forholdstal i de enkelte forsøgsår.

År	Reaktionstal, gns. 1943—50	kg pr. a					Forholdstal	
		Vinrabarber	Marshalls Early Red	Hawkes Champagne	Gennemsnit	Victoria	rødstilkede	grønstilkede
1945........	5.6	109	194	53	119	368	100	100
	6.1	144	269	81	165	432	139	117
	6.6	150	248	97	165	402	139	109
	7.3	158	302	94	185	339	155	92
1946........	5.6	207	322	289	273	531	100	100
	6.1	318	445	295	353	514	129	97
	6.6	346	464	317	376	583	138	110
	7.3	327	471	313	370	551	136	104
1947........	5.6	129	178	213	173	546	100	100
	6.1	130	192	240	187	547	108	100
	6.6	135	177	277	196	507	113	93
	7.3	128	202	298	209	464	121	85
1948........	5.6	77	100	208	128	302	100	100
	6.1	68	114	230	137	329	107	109
	6.6	79	105	270	151	272	118	90
	7.3	70	126	267	154	261	120	86
1949........	5.6	190	238	267	232	746	100	100
	6.1	199	246	313	253	758	109	102
	6.6	231	209	343	261	801	113	107
	7.3	226	273	374	291	783	125	105

fremgår, at der for de rødstilkede er et ret ens merudbytte fra år til år fra laveste til højeste reaktionstal. Tallene for den grønstilkede sort er derimod noget uens og svinger for alle forsøgsled både over og under udbyttet ved den laveste reaktion.

En oversigt over forsøgets resultater er samlet i tabel 8.

Sorternes ydeevne og stilkstørrelse er noget forskellig. Vinrabarber og Marshalls Early Red har små, stærkt røde stilke. Hawkes Champagne har mellemstore og svagere røde stilke. Victoria har meget store og grønne stilke. Vægt og antal stilke pr. a og forholdstal for udbytte er opført i tabellen for hver sort for sig, samt i gennemsnit for de 3 rødstilkede sorter.

Tabel 8. Samlet udbytte pr. a og forholdstal.
Gennemsnit 1944—49.

Reaktionstal, gns. 1944—50	5.6		6.1		6.6		7.3	
	ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg
Rødstilkede sorter.								
Vinrabarber.......	2466	142	3006	172	3265	188	3347	182
		100		121		132		128
Marshalls Early Red	3412	206	3978	253	3954	241	4273	275
		100		123		117		133
Hawkes Champagne	1829	206	1988	232	2328	261	2420	269
		100		113		127		131
Gennemsnit........	2569	185	2991	219	3182	230	3347	242
		100		118		124		131
Grønstilket sort.								
Victoria...........	2236	499	2536	516	2342	513	2288	480
		100		103		103		96

Det fremgår af forholdstallene for de tre rødstilkede sorter, at de nogenlunde følger hinanden i de forskellige forsøgsled med en stigning på op til 31 pct. fra laveste til højeste reaktionstal. Derimod varierer udbyttet for Victoria så meget fra år til ar, at der ingen sikker forskel er på udbyttet ved de forskellige reaktionsforhold.

Sammendrag.

Forsøg med forskellig jordreaktion til asparges og rabarber er udført på statens forsøgsstation, Spangsbjerg, Esbjerg, i årene 1944—53 for asparges og 1944—49 for rabarber. Forsøgsarealet har en god sandmuldet jord med lerblandet sandunderlag.

Hovedresultatet af aspargesforsøget blev følgende:

Reaktionstal, gns. 1944—53:	5.7	6.0	6.4	6.8	7.5
Aspargesskud, kg pr. a i gns.......	17.9	27.2	28.5	31.1	32.5
Forholdstal.....................	100	152	159	174	182

Aspargesplanten vokser bedst ved høj reaktion.

Hovedresultatet af rabarberforsøget, hvori deltog 3 rødstilkede, svagere voksende sorter og 1 grønstilket kraftigt voksende sort, blev følgende:

Reaktionstal, gns. 1944—50:	5.6	6.1	6.6	7.3
Rødstilkede sorter, kg stilke pr. a. .	185	219	230	242
Forholdstal..................	100	118	124	131
Grønstilket sort, kg stilke pr. a....	499	516	513	480
Forholdstal..................	100	103	103	96

De svagerevoksende rødstilkede sorter viser en udbyttestigning på op til 31 pct. fra laveste til højeste reaktion. Den grønstilkede kraftige sort synes derimod ikke at påvirkes af jordreaktionen.

Summary.

Experiments with different soil reaction (pH) to asparagus and rhubarb were carried out at the State Experiment Station Spangsbjerg near Esbjerg, for the asparagus during the years 1944—1953 and for the rhubarb during the years 1944—1949.

The soil of the field in which the experiments were carried out is sandy with a high content of organic matter on a subsoil of loam.

The principal results of the experiment with asparagus were the following:

Soil reaction (pH), average 1944-1953	5.7	6.0	6.4	6.8	7.5
Average yield in kilogrammes per 100 squaremeters..............	17.9	27.2	28.5	31.1	32.5
Relative weight.................	100	152	159	174	182

The data show, that the asparagus plants are growing most vigorously at a high soil reaction.

In the experiment with rhubarb where three varieties with red stalks and one variety with green stalks were included, the principal results were the following:

Soil reaction (pH), average 1944—1950	5.6	6.1	6.6	7.3
Varieties with red stalks, average yield in kilogrammes per 100 squaremeters......	185	219	230	242
Relative weight.......................	100	118	124	131
Variety with green stalks, average yield in kilogrammes per 100 squaremeters......	499	516	513	480
Relative weight.......................	100	103	103	96

The less vigorous varieties with red stalks showed a 31 per cent increase in yield from lowest to highest soil reaction. Whereas the variety with green stalks did not seem to be affected by the soil reaction.

Kartoffelålens forekomst i Danmark.

Fortsatte undersøgelser i 1952.

The Distribution of the Potato Root Nematode in Denmark. Continued investigations 1952.

Af K. Lindhardt.

For at imødegå eventuelle køberkrav om, at danske læggekartofler er fundet fri for smitte med kartoffelål *(Heterodera rostochiensis)*, fortsattes i 1952 de i en tidligere redegørelse omtalte undersøgelser af kartoffelmarker (se T. f. Pl. 56. p. 592—600).

Der blev udtaget jordprøver i alle de iøvrigt godkendte, kontrollerede marker med læggekartofler. Metoder for udtagning og undersøgelse var i alt væsentligt de samme som beskrevet i ovennævnte beretning for 1951—52.

Prøverne blev undersøgt ved Statens plantepatologiske Forsøg, hvor der i løbet af vinteren blev behandlet ialt 17 602 af disse prøver. I 29 jordprøver fandtes cyster af kartoffelål. Det er ca. 1,6 pm., hvilket ret nøje svarer til foregående års resultat (2 pm.).

Prøver med	flere fulde cyster	19
- -	een fuld cyste	3
- -	kun tomme cyster	7

Kartoffelålen forekommer i Danmark ganske særligt i privathaver, men kun i meget ringe grad i marker. Forekomsten i haverne indebærer imidlertid en ikke ringe fare for overførsel af cyster til markerne. Med denne baggrund blev der i eftersommeren 1952, ved siden af arbejdet med prøverne fra de kontrollerede marker med læggekartofler, påbegyndt en systematisk undersøgelse af et stort antal jordprøver fra haver og marker i nogle vest- og midtjydske sogne. Hensigten var at undersøge, om det på denne måde er muligt at finde frem til helt smittefrie områder eller indkredse eventuelle smittekilder.

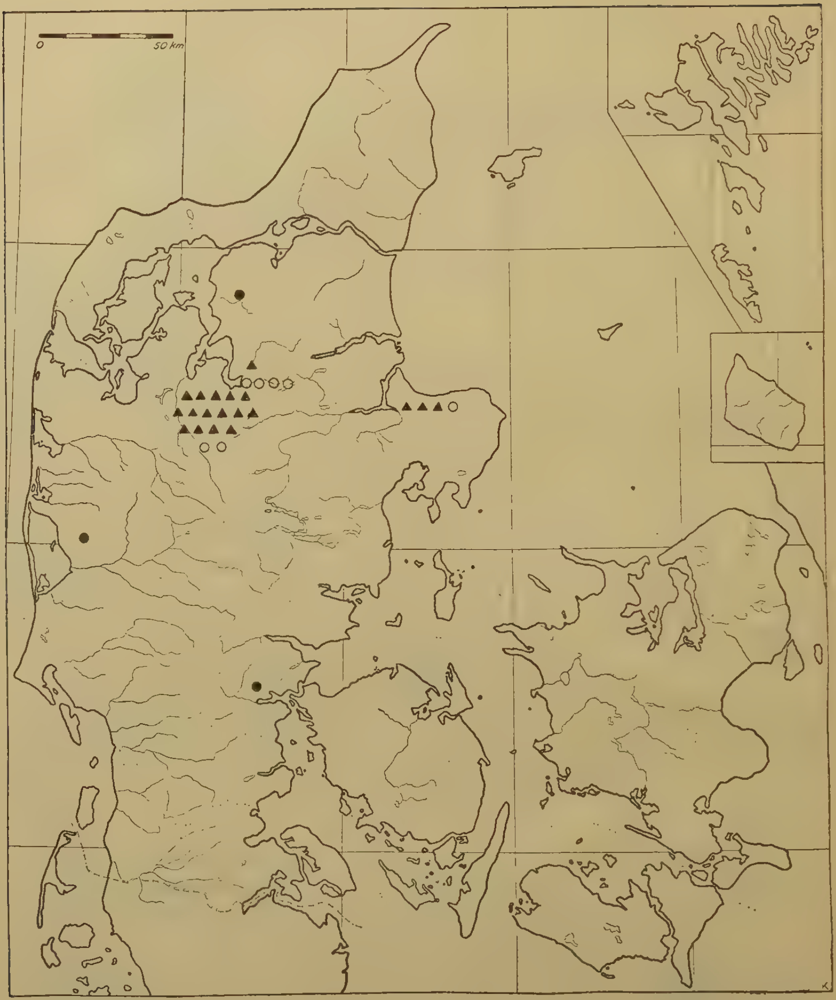


Fig. 1. Fordelingen af de prøver, hvori fandtes cyster af kartoffelål.

▲ = Prøve med flere cyster (Sample with several full cysts).
● = — — 1 fuld cyste (— — one full cyst).
⊙ = — — kun tomme cyster (— — only empty cysts).

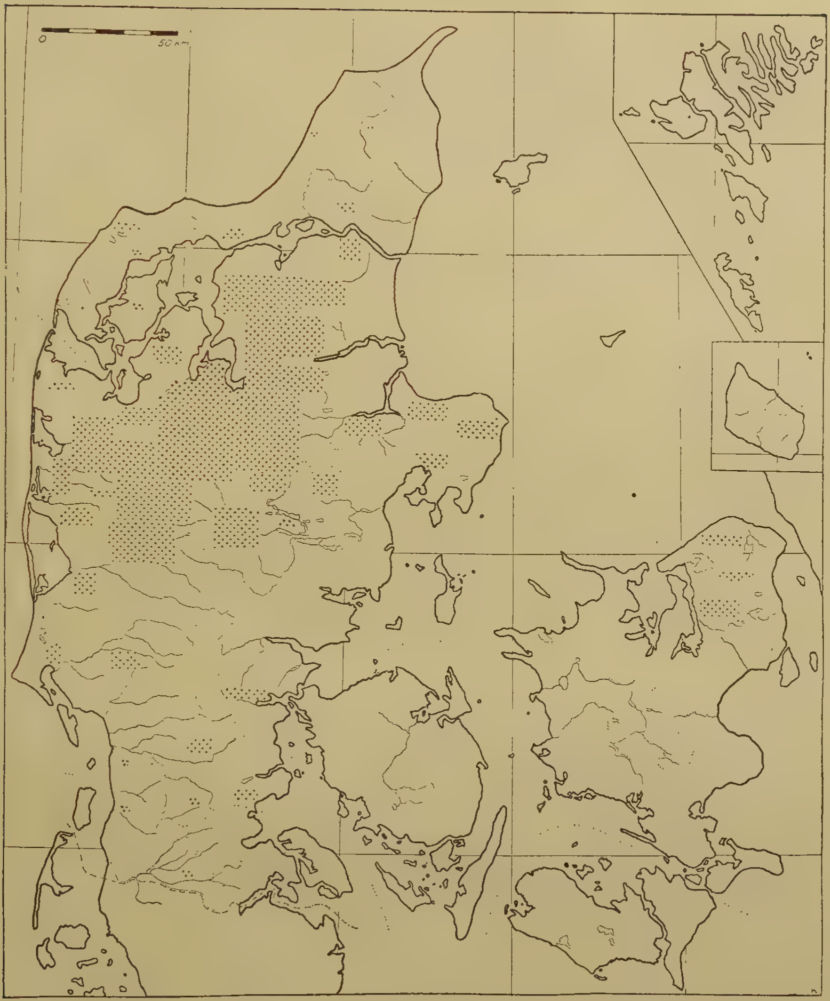


Fig. 2. Skematisk oversigt over de 17.602 undersøgte jordprøvers fordeling efter Statens Plantetilsyns inspektorater. Hver prik angiver 10 prøver fra marker med godkendte læggekartofler.

Fig. 2. All samples taken in fields grown with approved seed potatoes. One point represents 10 samples examined.

I samarbejde med en række af Statens Plantetilsyns inspektører blev der i 1952 udtaget jordprøver i 13 sogne. Der blev indenfor disse områder taget prøver i alle privathaver (rene prydhaver dog undtaget) og i alle kartoffelmarker. Undersøgelsen omfattede ialt 6 614 prøver og gav følgende resultat:

	Prøver	Prøver	
	ialt	m. flere fulde cyster	m. 1 fuld cyste
Lomborg og Rom sogne	336	0	0
Ulfborg sogn	376	0	0
Assing sogn	891	0	0
Ansager sogn	315	0	0
Lunde sogn	257	0	0
Tistrup sogn	1054	0	0
Aulum sogn	818	6	2
Herborg og Videbæk sogne	496	1	0
Borris sogn	575	1	1
Skern sogn	406	6	3
Rind sogn	1090	26	6

Det fremgår heraf, at 6 sogne var helt fri for kartoffelål. I 4 sogne fandtes kun få infektioner, medens 1 enkelt sogn må karakteriseres som stærkt smittet. Angrebspromillen var her knap 8.

Disse systematiske undersøgelser fortsattes i 1953. En beretning herom vil senere fremkomme.

Summary.

Again in 1952 soil sampling was continued in all fields where certified seed potatoes were grown.

17 602 soil samples were examined, but cysts of the potato root eelworm were only found in 29 samples (about 0,2 per cent).

More than 1 full cyst	19	samples
Only 1 full cyst	3	„
Only empty cysts	7	„

In certain districts in the west and middle of Jutland another investigation was started. In these areas soil samples were taken from all gardens and potato fields in order to localize possible infestations.

In 1952 a total of 6 614 samples from 13 parishes were examined.

In 6 parishes no cysts were found
4 - had only slight infestations.
1 - was heavy infested.

This investigation was continued in 1953 and a report will appear later.

Iagttagelser over optræden af bladrandbiller (*Sitona*-arter) i bælgplanteafgrøder.

(Observations on the Presence of Pea and Bean Weevils (*Sitona spp.*) in Leguminous Crops).

Af **O. Wagn.**

Når der tales om angreb af bladrandbiller, vil tanken som regel straks falde på den stribede bladrandbille, *Sitona lineatus*. I mange år har denne art gået, om ikke som den eneste art, så dog i hvert fald som den skadeligste. Kun ganske undtagelsesvis, hvor der lokalt er forekommet et stærkt angreb, som man har modtaget dyr til bestemmelse fra, har man noteret andre arter som skadevolderne. I de andre tilfælde har man holdt sig til tidligere iagttagelser og lagt skylden over på *Sitona lineatus*. Efter de resultater, der er opnået i de undersøgelser, hvorom der er berettet i det følgende, tyder det på, at den hidtidige opfattelse af artsfordelingen må revideres noget.

I årene 1950—53 er der i løbet af hver sommer gennemført en række ketsninger i forskellige bælgplanteafgrøder på statens forsøgsstation, Virumgaard, Lyngby, samt lejlighedsvis på andre lokaliteter i landet.

Det er især i lucerne *(Medicago sativa)*, ketsninger er foretaget, og de er hvert år gennemført nogenlunde regelmæssigt. I fig. 1 vil man finde resultaterne fra de fire år afbildet grafisk. Som grundlag for de fire kurver ligger artsbestemmelsen af ca. 6 200 individer, som er foretaget på Statens plantepatologiske Forsøgs zoologiske afdeling. Bestemmelsen af *Sitona decipiens* er velvilligst verificeret af højesteretsdommer *Victor Hansen*.

Det er et ganske overraskende resultat, der er kommet ud af disse ketsninger. Arten *Sitona decipiens* skiller sig klart ud fra de øvrige arter i forårstiden og først på sommeren, hvor den er ganske dominerende. Hen på sommeren skifter billedet, og *Sitona*

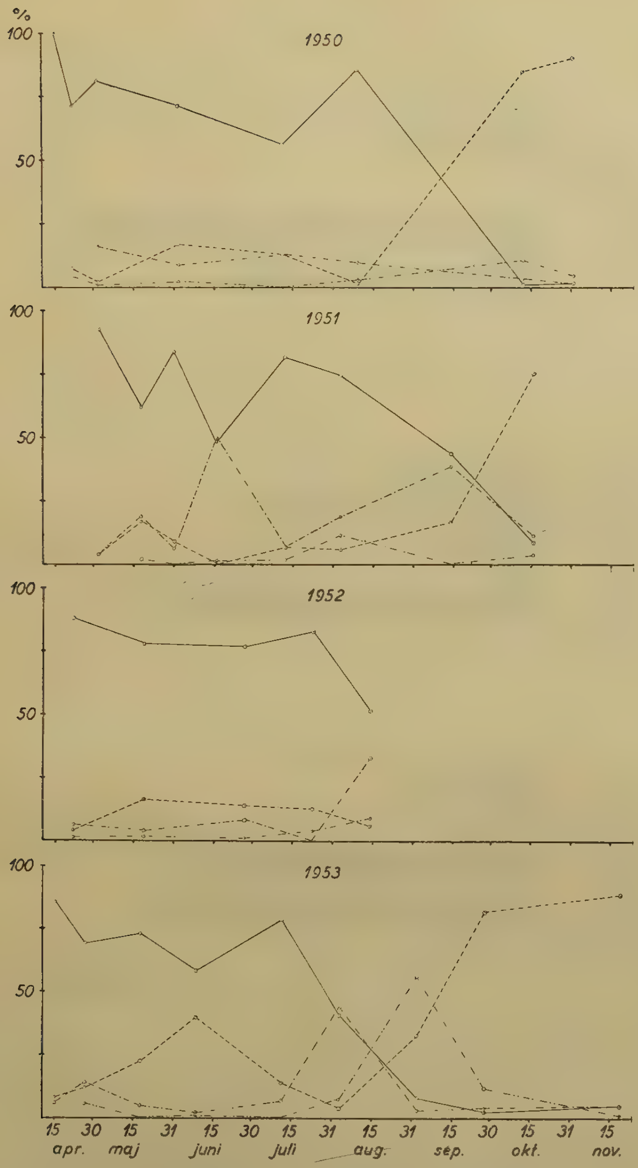
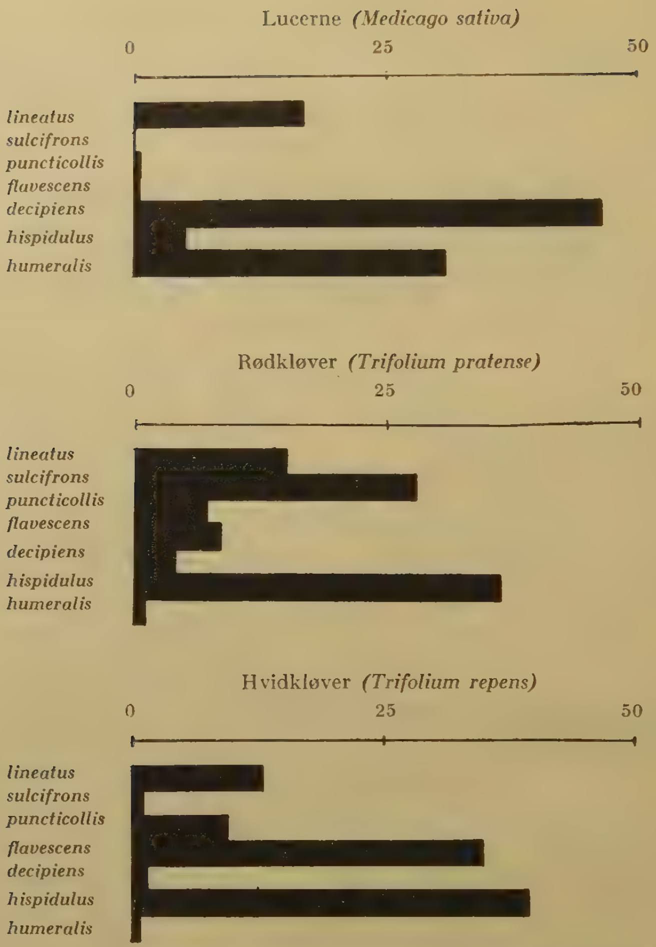


Fig. 1. Procentisk fordeling af 4 *Sitona*-arter indfanget ved ketsning i lucerne *(Medicago sativa)* på Virumgaard.

——— *S. dicipiens*, - - - *S. humeralis*, - · - · - *S. lineatus*, - ·· - ·· - *S. hispidulus*.

Percentage distribution of 4 *Sitona* spp. captured on *Medicago sativa*. Virumgaard.


Lucerne *(Medicago sativa)*

Rødkløver *(Trifolium pratense)*

Hvidkløver *(Trifolium repens)*

Fig. 2. *Sitona*-arter på lucerne, rødkløver og hvidkløver. Procent af indfangede dyr.

Sitona spp. on *Medicago sativa, Trifolium pratense* and *Trifolium repens.* Per cent captured individuals.

humeralis overtager pladsen som den førende art. *Sitona lineatus* når derimod kun af og til at gøre sig gældende i dette selskab, og *Sitona hispidulus* fører, bortset fra en periode i eftersommeren 1953, en ret upåagtet tilværelse.

Man ser altså heraf, at to arter, der ikke hidtil er skænket megen opmærksomhed, i hvert fald på denne lokalitet, Virumgaard, må anses for at være de bladrandbiller, der volder den meste skade i lucernen, og at andre to arter, hvoraf især den ene kan være ganske overordentlig skadelig, ikke har været af større betydning.

Hvorledes billedet tegner sig andre steder, har vi kunnet få et lille indtryk af ved ketsninger, der er foretaget, når lejlighed dertil gaves, på ture rundt i landet. Vi fandt herved i de fleste tilfælde, at artsfordelingen var nogenlunde den samme sammenlignet med den tilsvarende periode på Virumgaard. I andre tilfælde er billedet et noget andet, og den dominerende art var i disse som regel *Sitona lineatus.*

I fig. 2 gives en sammenligning af artsfordelingen af bladrandbiller i lucerne *(Medicago sativa),* rødkløver *(Trifolium pratense)* og hvidkløver *(Trifolium repens).* Udregningerne er gjort på et materiale, der omfatter ca. 7 125 individer i lucerne, 925 i rødkløver og ca. 600 i hvidkløver.

Det er iøjnefaldende, at flere af *Sitona*-arterne synes at foretrække een eller to af værtplanterne fremfor den tredie. Alle tre afgrøder har hver en eller to *Sitona*-arter, som er tydeligt knyttet til vedkommende plante. For lucernens vedkommende er det *Sitona decipiens* og *Sitona humeralis,* i rødkløver er det *Sitona sulcifrons* og i hvidkløver *Sitona flavescens. Sitona hispidulus* er dominerende på både rød- og hvidkløver, men uden betydning på lucerne. *Sitona lineatus* synes at optræde i lige høj grad på alle tre nævnte bælgplanteafgrøder.

Også i andre bælgplanter er der foretaget ketsninger af og til, og resultater herfra gengives i korthed her: I ærter *(Pisum arvense* og *P. sativum),* fodervikker *(Vicia sativa)* og hestebønner *(Vicia faba)* er kun fundet *Sitona lineatus.* I alsike *(Trifolium hybridum)* gav en enkelt ketsning 70 pct. *Sitona flavescens* og 30 pct. *Sitona puncticollis.*

At der er en tydelig forskel i billernes forkærlighed for bestemte plantearter bekræftes af følgende iagttagelse i 1952 fra Virumgaard: Sidst i maj måned var der lejlighed til at ketse på et stykke, hvor ærter, rødkløver og lucerne voksede side om side; rødkløveren lå som et 4—5 m bredt bælte mellem de to andre afgrøder. Resultatet blev følgende:

Ærter:	*Sitona*	*lineatus*	100 pct.
Rødkløver:	*Sitona*	*lineatus*	41,4 »
	»	*sulcifrons*	12,6 »
	»	*flavescens*	9,2 »
	»	*decipiens*	5,8 »
	»	*hispidulus*	31,0 »
Lucerne:	*Sitona*	*lineatus*	15,9 »
	»	*decipiens*	50,7 »
	»	*hispidulus*	4,4 »
	»	*humeralis*	29,0 »

I et lille laboratorieforsøg med *Sitona flavescens* åd denne bille meget villigt af både rød- og hvidkløver, men den rørte ikke ært.

I 1950 gennemførtes ketsningerne i lucerne på den måde, at der hver gang foretoges 500 enkeltslag med ketseren; herved opnåedes, at der kunne fås et udtryk for svingningerne i populationerne af *Sitona*-arter sommertiden igennem. Resultatet af denne fangst blev:

15. april	20 biller
22. april	70 »
2. maj	383 »
2. juni	299 »
11. juli	16 »
9. august	406 »
12. oktober	456 »
1. november	171 »

Man ser her et tydeligt lavpunkt i billeantallet i juli måned, der skyldes, at de overvintrende biller på dette tidspunkt næsten er døet ud, og de nye biller endnu ikke er kommet frem.

De følgende tre år blev der ikke ved hver ketsning foretaget et bestemt antal ketseslag, men alligevel var det muligt at skønne, at udviklingen også i disse år forløb på ganske tilsvarende måde.

Man kan af de her gengivne resultater slutte, at det ikke er muligt, hvor der optræder angreb af bladbrandbiller i de forskellige græsmarksbælgplanter, generelt at sige, at man står overfor et angreb af *Sitona lineatus;* man bliver i hvert enkelt tilfælde nødt til at undersøge dyrene nøjere, inden diagnosen på angrebet bliver stillet.

Beskrivelse af de omtalte *Sitona*-arter.

Til orientering for de interesserede skal gives en ganske kort beskrivelse af arterne ved deres vigtigste kendetegn.

Sitona-arterne er snudebiller med knæede følehorn. Snuden er kort og bred, og følehornsfuren på siden af snuden har retning under øjnene. Kropformen langstrakt.

Sitona lineatus L. Forbrystet bredest bag midten. Dækvingerne har næsten parallelle sider, der ikke udvider sig bag skuldrene. Oversiden grålig eller brunlig. På hoved, forbryst og hver dækvinge tre striber af lysere skæl. Længde 4—5 mm.

Sitona sulcifrons Thunb. Dækvingernes sider rundede, bredest nær midten. Oversiden brunlig med svagt metalskær. Panden konkav, kroppen med en smal, skarpt afsat, hvid sidelinie. Længde 3—4 mm.

Sitona puncticollis Steph. Dækvingernes sider næsten parallelle, ikke udvidede bag skuldrene. Oversiden brun, isprængt lysere skæl. Snudens midterlinie ender i en grube mellem øjnene. Længde 5—7 mm.

Sitona flavescens Marsh. Ligner den foregående meget. Dækvingernes sider dog rundede med største bredde nær midten. Snudens midterlinie fortsætter forbi øjnenes bagrand. Længde 4,5—5,5 mm.

Sitona decipiens Lindberg. Dækvingerne set fra siden med tydelige opstående, overvejende hvide børster. Oversiden brungul-brunlig, tegningen plettet. Længde 3—4,5 mm.

Sitona hispidulus Fabr. Dækvingerne med tætstillede, opstående, ret lange børster. Oversiden gråbrunlig. Kropformen mere kompakt end hos de øvrige arter. Øjnene flade. Længde 3,5—5 mm.

Sitona humeralis Steph. Dækvingerne med næsten parallelle sider, der ikke udvider sig bag skuldrene. Oversiden grålig med lysere pletter ved skulderen og længere bagtil på siderne af dækvingerne. Panden og snuden konkav. Længde 3,5 5,5 mm.

Summary.

Investigations on Danish leguminous crops have revealed that it can not as was previously thought, be taken for granted that *Sitona lineatus* is the cause of the damage when attacks of pea and been weevils are in question. Fig. 1 shows quite distinctly that *Sitona lineatus* in *Medicago sativa* is playing a subordinate part compared to that of *Sitona decipiens* during spring and early summer and that of *Sitona humeralis* later in the season. Fig. 2 expresses the percentage distribution of all individuals caught in *Medicago sativa* (about 7125), *Trifolium pratense* (925) and *Trifolium repens* (about 600) respectively. Obviously *Sitona lineatus* is not particularly predominating in these three crops. In *Pisum sativum, Pisum arvense, Vicia sativa* and *Vicia faba* only *Sitona lineatus* was found. Sweepings in *Trifolium hybridum* gave in one case 70 per cent *Sitona flavescens* and 30 per cent *Sitona puncticollis*.

Litteratur.

Hansen, Victor, 1918. Biller IV. Snudebiller. Danmarks Fauna 22.

Rostrup, Sofie, 1940. Vort Landbrugs Skadedyr. 5. udg. ved *P. Bovien* og *M. Thomsen.*

Meddelelser fra
Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

26. marts 1953. **502. meddelelse.** A. Forsøgsresultater.

Forsøg med forskellige typer af agurker i væksthus udplantet med forskellig planteafstand. 1950-52.

Forsøgene, der er udført ved Virum, har haft til formål at undersøge, hvilken indflydelse forskellig planteafstand og frugtbæring på hovedstammen har på frugtudbytte, vækstkraft og sygdomsangreb på agurker i væksthus.

Grunden til at forsøgene blev påbegyndt var, at der i 1949 fra England reklameredes med en ny agurkesort, Reads cordon cucumber, der opgaves at kunne plantes med 30 cm afstand, altså tættere end det normale, og planterne skulle uden skade kunne bære på hovedstammen, hvad der normalt ikke regnes med, samt at der fra Finland foreligger forsøgsresultater, der viser, at tætplantning af stiklingeplanter gav større udbytte end tætplantning af frøplanter.

Der er prøvet følgende spørgsmål:

1. 30 cm afstand. Sort: Reads cordon cucumber. Bærer på hovedstammen
2. 30 — — . — : Butchers. Stiklinger fra sideskud. Bærer på hovedstammen.
3. 30 — — . — : — . Frøplanter. . — - —
4. 60 — — . — : — . — , normal kultur.
5. 90 — — . — : — . — . — — .

Der har hvert år været 4 fællesparceller à 3,6 lb. m, og der har været isolationsplanter mellem alle parcellerne.

Frøet er hvert år sået i første trediedel af marts, dog er frøet til spørgsmål 2 sået 1½ til 2 måneder tidligere, for at få planterne til dette spørgsmål af nogenlunde samme alder og størrelse som de øvrige. Sideskud fra disse tidligt sáede er stukket samme dag, som de øvrige er pottede. Allerede da er de normale planter længere end stiklingerne, større afstand mellem bladene, og denne forskel holder sig eller nærmest øges indtil udplantningen. Efter udplantningen i sidste trediedel af april, er planterne vokset nogenlunde ens til, og nået øverste tråd omtrent samtidig, dog har de tætplantede haft et lille forspring. Vækstkraften har været meget forskellig, således at den lille afstand har givet tynde stængler, og den største afstand har givet de mest robuste planter.

Alle planter på 30 cm har efter planen fået lov at bære på hovedstammen, og sideskud er knebet over 1 blad. På 60 og 90 cm afstand har planterne ikke fået lov at bære på hovedstammen, og sideskuddene er knebet over 2 blade.

Reads cordon har en lidt mere robust vækst end Butchers, bladene er mere buklede og lidt mere afrundede. Frugterne ligner, især som mindre, Butchers, men skal være lidt mere udviklede for at give en pæn salgsvare, og når de er helt udviklede, er de mere glatte og lidt længere.

I tabellens øverste afsnit er anført ialt-udbytte for hvert af de tre år, gennemsnit og forholdstal herfor, idet gennemsnit af alle behandlinger er sat til 100. De to år har Butchers på 30 cm givet størst antal. Reads cordon har i et år været ganske lidt over Butchers. I gennemsnit har Butchers frøplanter ligget højest med 112 mod Reads cordon med 107 og stiklingeplanter af Butchers med 103, alle på 30 cm afstand. Butchers på 60 og 90 cm har ligget på henholdsvis 97 og 82.

I midterste afsnit er anført gennemsnit af udbyttet for alle tre år opdelt i tre plukkeperioder og antal bitre frugter angivet i pct. for hvert år.

I første periode ligger Reads cordon noget over de øvrige, næsthøjest er Butchers frøplanter på 30 cm. Tager man første og anden periode sammen, ligger de praktisk taget ens. Butchers på 60 cm ligger her ret godt og over stiklinger på 30 cm, lavest ligger Butchers på 90 cm.

Med hensyn til bitterhed ses det af tabellen, at der har været forskel på de forskellige år, men i det enkelte år har der ikke været megen forskel på de forskellige behandlinger.

I nederste afsnit er anført høsten i gennemsnit for alle tre år opdelt i 4 sorteringer og gennemsnitsvægten pr. frugt for hver af sorteringerne. Extra er lige frugter over 350 g, I lige frugter mellem 200 og 350, II alle krogede frugter og III er små og misdannede frugter. Syge frugter, af hvilke der næsten ingen har været, er ikke anført. I extra ligger Reads cordon og Butchers frøplanter på 30 og 60 cm højt og meget nær ens. Tager man extra og I sammen, ligger Butchers frøplanter på 30 cm meget over de andre. Gennemsnitsvægten pr. frugt ligger pr. sortering nogenlunde ens for de forskellige behandlinger. Reads cordon cucumber ser ud til at veje mest, hvilket passer med, at de skal være lidt mere udviklede ved høst end de andre.

Forsøg med forskellige typer agurker i væksthus udplantet med forskellig planteafstand 1950-52.

Type	Planteafstand cm	Frugter pr. 10 lb. m rabat								Forholdstal for gns.	
		1950		1951		1952		gns. 1950-52			
		ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg		
Reads cordon cucumber	30	670	249	929	352	964	342	854	314	107	110
Butchers. Stikl. af sidesk.	30	677	230	842	296	937	347	819	291	103	102
— . Frøplanter	30	752	256	919	323	1002	350	891	310	112	108
— . —	60	672	231	806	290	852	318	777	279	97	98
— . —	90	602	213	670	238	693	258	655	236	82	83

Type		Frugter pr. 10 lb. m rabat gns. 1950-52						pct. bitre frugter af ialt			
		høstperiode									
		1.		2.		3.					
		ant.	kg	ant.	kg	ant.	kg	1950	1951	1952	gns.
Reads cordon cucumber	30	171	57	337	134	346	123	39	59	15	37
Butchers. Stikl. af sidesk.	30	129	41	324	124	366	126	39	54	15	35
— . Frøplanter	30	159	50	346	129	386	131	36	51	13	33
— . —	60	150	49	310	118	317	112	39	55	17	37
— . —	90	126	42	247	96	282	98	50	55	15	39

Type		Antal frugter pr. 10 lb. m rabat gns. 1950-52					Gennemsnitsvægt i g pr. frugt 1950-52				
		extra	I	II	III	extra + I	extra	I	II	III	ialt
Reads cordon cucumber	30	392	204	118	140	596	452	285	368	254	368
Butchers. Stikl. af sidesk.	30	368	269	94	84	637	437	287	332	245	355
— . Frøplanter	30	384	329	88	89	713	434	283	335	229	348
— . —	60	392	243	72	69	635	432	286	341	233	360
— . —	90	329	197	67	60	526	435	281	352	228	361

2. april 1953. **503. meddelelse.** A. Forsøgsresultater.

Stammeforsøg med hundegræs og engsvingel 1949—1952.

I årene 1949—1952 er der på lermuldet jord ved Lyngby, Tystofte og Aarslev, på sandmuldet jord ved Lundgaard, Borris og Tylstrup, på marsk ved Højer og på lavmose ved Fossevangen gennemført forsøg med 10 stammer af hundegræs og 7 stammer af engsvingel.

Der er foretaget udlæg i 1949 og 1950, og for hvert udlæg er udført udbyttebestemmelse i to år, idet der i 1. brugsår er taget en høslæt ved skridning og 2—3 efterslæt, medens i 2. brugsår første slæt er taget tidligt og i reglen 4—5 slæt ialt. Udlæggene i 1950 af engsvingel ved Lundgaard og af engsvingel og hundegræs ved Tylstrup mislykkedes, og disse forsøg er kasserede.

Stammerne har ved alle forsøgssteder været udlagt i renbestand, men engsvingelstammerne er desuden afprøvet i blanding med rødkløver ved Lyngby og Aarslev.

HUNDEGRÆS

I nedenstående tabel er anført udbyttet af tørstof pr. ha og forholdstal (gennemsnit af alle stammer = 100). Endvidere er angivet forholdstal for udbyttet af 1. slæt og 2.—4. slæt i 1. brugsår og 1. slæt og 2.—5. slæt i 2. brugsår.

	hkg pr. ha		Forholdstal	Udbyttets fordeling[1]			
				1. brugsår		2. brugsår	
	1. år	2. år	1.+2. år	1. slæt	2.–4. slæt	1. slæt	2.–5. slæt
Roskilde II	71.1	58.0	103	105	103	104	102
Pajbjerg II	71.3	57.7	103	104	103	106	100
Hinderupgaard II	70.2	57.5	102	106	98	111	98
Dæno II	70.3	57.4	102	106	98	113	97
Trifolium II	70.8	56.9	102	102	99	106	98
Trifolium A II	70.4	56.6	101	105	102	103	99
E. F. II	69.0	56.0	100	100	99	101	98
Sildig Roskilde II	67.6	55.5	98	96	100	92	101
Pajbjerg Milka II	66.6	55.1	97	95	97	88	102
Adefa II	63.3	53.0	93	81	101	76	104

[1] Gennemsnit af 9 forsøg i 1. brugsår og 13 forsøg i 2. brugsår.

De 7 første stammer er ikke meget forskellige af udvikling eller vækst. De er tidlige og giver ved skridningen ret mange stængler. De tre sidste stammer må betegnes som afgræsningstyper, der er karakteriseret ved at give få stængler ved skridning. Dette er især udpræget for Adefa II og Pajbjerg Milka II. Af forholdstallene for udbyttets fordeling fremgår det, at de tre afgræsningsstammer især giver mindre udbytte i 1. slæt, medens de i de senere slæt har ligget omkring gennemsnittet i 1. brugsår og har været blandt de yderigeste i 2. brugsår. Sildig Roskilde II og Adefa II er nogle dage senere i skridning end Pajbjerg Milka II, som skrider omtrent samtidig med de øvrige stammer.

De 10 stammer er alle anerkendte i første klasse og får ret til at føre romertal II efter stammenavnet.

Roskilde II og Sildig Roskilde II tilhører Danske Landboforeningers Frøforsyning og Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger.

Pajbjerg II og Pajbjerg Milka II tilhører Pajbjergfonden, Børkop.

Hinderupgaard II og Dæno II tilhører A/S L. Dæhnfeldt, Odense.

Trifolium II og Trifolium A II tilhører A/S Dansk Frøavlskompagni og Markfrøkontoret (Trifolium), København.

E. F. II og Adefa II tilhører A/S Dansk Frøkultur, Kerteminde.

ENGSVINGEL

I forsøgene med engsvingel har udbyttet af tørstof pr. ha og i forholdstal (gennemsnit af alle stammer = 100) været:

	I renbestand			I blanding m. rødkløver		
	hkg pr. ha		forholdstal	hkg pr. ha		forholdstal
	1. år	2. år	1. + 2. år	1. år	2. år	1. + 2. år
Tidlig Øtofte II	76.6	54.7	105	110.3	72.5	100
Sildig Øtofte II	74.5	52.7	101	112.0	72.6	101
Øtofte II	74.6	52.2	101	111.8	71.8	101
Pajbjerg II	73.7	50.4	99	109.7	71.6	99
Dæno II	73.2	50.5	98	111.2	71.8	100
Hinderupgaard II	73.1	50.2	98	109.3	73.0	100
Trifolium II	73.1	49.7	98	109.6	71.1	99

I forsøgene i renbestand har Tidlig Øtofte II givet højest udbytte. Den adskiller sig fra de øvrige stammer ved at være nogle dage tidligere i skridning, men derudover er der ingen væsentlig forskel på de 7 stammer. I forsøgene, hvor stammerne er udsået i blanding med rødkløver, har udbyttet været omtrent lige stort for alle stammer.

De 7 stammer er anerkendt i første klasse og får ret til at føre romertal II efter stammenavnet.

Tidlig Øtofte II, Sildig Øtofte II og Øtofte II tilhører Danske Landboforeningers Frøforsyning og Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger.

Pajbjerg II tilhører Pajbjergfonden, Børkop.

Dæno II og Hinderupgaard II tilhører A/S L. Dæhnfeldt, Odense.

Trifolium II tilhører A/S Dansk Frøavlskompagni og Markfrøkontoret (Trifolium), København.

Hundegræs.

	Udbytte i 2 brugsår. Forholdstal for tørstof										
	Gens.	Lyngby	Tystofte	Aarslev	Lund-gaard	Borris	Tyl-strup[1])	Højer	Fosse-vangen	udlæg	
										1949	1950
Roskilde II	103	104	104	104	106	102	101	99	104	103	103
Pajbjerg II	103	102	105	104	103	103	101	102	102	102	104
Hinderupgaard II	102	102	102	101	102	102	106	100	102	102	101
Dæno II	102	103	100	101	103	101	103	101	103	102	101
Trifolium II	102	103	101	99	101	103	101	105	102	101	103
Trifolium A II	101	100	102	102	105	102	103	101	100	102	101
E. F. II	100	100	99	99	100	99	101	100	100	100	100
Sildig Roskilde II	98	98	98	100	98	99	95	97	97	98	99
Pajbjerg Milka II	97	95	97	98	94	96	101	99	97	98	96
Adefa II	93	92	92	93	89	93	89	96	94	93	92
Gens.	125.4	153.7	116.1	141.1	63.8	111.0	119.9	139.5	156.2	119.9	131.8

[1]) Kun 1 udlæg.

Engsvingel.

	Udbytte i 2 brugsår. Forholdstal for tørstof												
	i renbestand											i blanding m. rødkløver	
	Gens.	Lyngby	Tys-tofte	Aars-lev	Lund-gaard[1])	Borris	Tyl-strup[1])	Højer	Fosse-vangen	udlæg		Lyngby	Aars-lev
										1949	1950		
Tidlig Øtofte II.	105	104	106	105	111	107	104	104	101	104	105	101	99
Sildig Øtofte II.	101	101	101	102	106	104	104	99	100	102	100	100	103
Øtofte II	101	101	100	101	106	102	102	98	102	102	100	101	100
Pajbjerg II	99	99	98	98	93	96	99	100	102	97	101	99	100
Dæno II	98	98	98	98	95	99	97	101	98	99	98	100	100
Hinderupgaard II	98	99	99	99	91	94	96	101	99	98	99	100	100
Trifolium II	98	97	97	98	99	98	99	98	98	98	97	99	99
Gens.	125.6	143.9	108.9	137.6	55.1	122.1	94.2	124.9	167.4	115.7	138.8	194.5	170.8

[1]) Kun 1 udlæg.

Foreløbig meddelelse om forsøg med sammenligning af bederoer og majs.

Ved statens forsøgsstationer er der i årene 1949—1952 foretaget en sammenligning mellem bederoer og amerikansk hybridmajs. Forsøgene er udført på lermuldet jord ved Lyngby, Tystofte og Aarslev og på sandmuldet jord ved Jyndevad og Tylstrup. Bederoerne har i regelen været fodersukkerroe, Pajbjerg Rex X, men i 1949 er dog ved Lyngby anvendt Barres Øtofte X og ved Aarslev sukkerroe, Hunsballe X. Hybridmajsen var i 1949 og 1950 samt ved Jyndevad 1951 Kingscrost, K. F. 1, de øvrige steder i 1951 Wisconsin 275 og i 1952 Wisconsin 240. Afgrøderne er gødet som normalt til roer. Roerne er sået sidst i april og majsen ca. 10. maj, begge arter på 55 cm rækkeafstand og udtyndet til 25 cm planteafstand i rækken. Af roefrø er anvendt 18 kg og af majskærne 50—100 kg pr. ha, i 1952 er dog pletsået en mindre såmængde af majs. Majsen er høstet i første halvdel, og roerne er taget op i sidste halvdel af oktober.

Der er bestemt udbytte af rod og top i roerne og af kolbe og stængel + blade i majsen. Udbyttebestemmelsen har omfattet såvel friskt materiale som tørstof. I tørstoffet er foretaget analyse for kvælstof, træstof og aske og i roetoptørstoffet tillige for sand.

Plantebestanden har været noget mangelfuld i flere af forsøgene, ved Tystofte især i majsen og ved Jyndevad navnlig i roerne. Plantetal og tørstofudbytte i de enkelte forsøg fremgår af bilaget. Udbytteforholdet mellem roer og majs har varieret ret stærkt fra år til år efter vejrforholdene.

I nedenstående oversigt er meddelt udbyttet af torstof og foderenheder i gennemsnit for hvert forsøgssted og for alle forsøg.

	Roer			Majs			Forholdstal for	
	rod	top	ialt	kolbe	stængel og blade	ialt	tørstof ialt	foder-enh. ialt
							roer = 100	
			hkg tørstof pr. ha					
Lyngby..	80.7	35.8	116.5	37.8	51.7	89.5	77	63
Tystofte .	62.8	33.3	96.1	35.3	43.7	79.0	82	68
Aarslev..	98.9	43.4	142.3	47.8	79.3	127.1	89	73
Jyndevad	76.3	23.3	99.6	25.1	34.6	59.7	60	48
Tylstrup.	103.4	26.2	129.6	26.9	58.7	85.6	66	52
Gens.....	84.4	32.4	116.8	34.6	53.6	88.2	74	61
			Foderenheder1) pr. ha					
Gens.....	7673	1944	9617	—	—	5880	—	61

---

1) 1 f. e. = 1.1 kg roetørstof, 1.5 kg toptørstof og 1.5 kg majstørstof (efter Forsøgslaboratoriets forsøg). F. e. i top er reduceret med 10 pct., den del, som ikke opsamles i praksis.

På de lermuldede jorder har majsen gennemsnitlig givet større og på de sandmuldede jorder mindre tørstofudbytte end roerne i rod alene, men lægges roetoppen til, klarer roerne sig ved alle forsøgssteder. Majsen har givet et tørstofudbytte varierende fra 60 pct. ved Jyndevad til 89 pct. ved Aarslev af roernes i rod + top og i gennemsnit for alle forsøg 74 pct. Omregnet i f. e. og under forudsætning af, at 10 pct. af toppen ikke opsamles, har roerne i gennemsnit for alle forsøg givet 9617 f. e. og majsen 5880 f. e. pr. ha eller 61 pct. af roernes udbytte.

Til opfodring om efteråret, vinteren og foråret vil majsen herefter give betydelig mindre fodermængde pr. arealenhed end roerne. Majsen kan imidlertid som skåret ensileret afgrøde opbevares med langt mindre tab end roer og roetop, så forskellen i fodermængde bliver væsentlig mindre ved opfodring den følgende sommer.

Regnes med et opbevaringssvind i roerne ved opfodring i juli på 40 pct., i roetoppen på 30 og i majsen på 15 pct. (forudsat 20—25 pct. tørstof i afgrøden), vil der til opfodring af roer + top være 5965 og af majs 4998 f. e. pr. ha eller 16 pct. mindre af majsen end af roerne. En lignende beregning foretaget på Aarslevs resultater alene viser, at der af begge arter vil være lige store fodermængder til opfodring i juli, nemlig ca. 7200 f. e. pr. ha.

Roernes og majsens udbytte af frisk afgrøde og råprotein, afgrødernes tørstofindhold og tørstoffets indhold af råprotein, træstof og aske i gennemsnit for alle forsøg fremgår af følgende oversigt:

	Roer			Majs		
	rod	top	ialt og gens.	kolbe	stængel og blade	ialt og gens.
hkg frisk afgrøde pr. ha....	452	273	725	149	285	434
hkg råprotein pr. ha.......	6.0	5.5	11.5	3.4	4.7	8.6
pct. tørstof...............	18.7	11.9	—	23.2	18.8	20.3
pct. råprotein i tørstof......	7.1	17.1	9.8	9.8	8.7	9.2
pct. træstof i tørstof........	5.5	11.1	7.1	15.3	29.2	23.7
pct. aske (sandfri) i tørstof .	4.1	12.7	6.6	3.0	7.0	5.5

Majsafgrøden har haft betydeligt højere tørstofindhold end roeafgrøden, og majsen giver derved færre hkg ved hjemkørselen end roerne. Af råprotein har roerne givet 11.5 og majsen 8.1 hkg pr. ha. Medens roernes rod har lidt lavere, har roetoppen omtrent dobbelt så højt råproteinindhold i tørstoffet som majsen. I samlet afgrøde ligger roernes råproteinindhold pr. kg tørstof lidt over majsens, men da der af sidstnævnte medgår noget mere tørstof til en f. e., er råproteinindholdet pr. f. e. lidt større for majsen end for roerne, nemlig henholdsvis ca. 135 og ca. 115 g. Majsen har ca. 3 gange så højt træstofindhold i tørstoffet som roerne, askeindholdet derimod er noget lavere.

Bilag til 504. meddelelse.

Sammenligning mellem roer og majs.

Forsøgssted	År	Antal hundrede planter pr. ha		hkg tørstof pr. ha						Forholdstal for tørstof ialt roer = 100
				roer			majs			
		roer	majs	rod	top	ialt	kolbe	stængel og blade	ialt	
Lyngby....	1949	635	640	92.6	26.9	119.5	45.0	65.0	110.0	92
	1950	657	657	80.8	45.3	126.1	55.6	57.5	113.1	90
	1951	661	635	97.7	52.0	149.7	31.5	46.6	78.1	52
	1952	641	553	51.5	19.1	70.6	19.0	37.6	56.6	80
Tystofte....	1949	675	620	54.8	26,8	81.6	16.9	46.8	63.7	78
	1950	603	492	70.1	32.1	102.2	59.1	42.8	101.9	100
	1951	641	617	85.5	46.5	132.0	44.2	41.3	85.5	65
	1952	658	480	40.7	28.0	68.7	21.0	44.0	65.0	95
Aarslev....	1949	684	640	121.9	45.0	166.9	41.1	90.4	131.5	79
	1950	665	673	97.9	33.1	131.0	57.5	85.4	142.9	109
	1951	601	633	92.6	47.7	140.3	56.2	80.0	136.2	97
	1952	674	664	83.4	47.6	131.0	36.8	61.3	97.6	75
Jyndevad..	1949	589	648	66.8	16.0	82.8	15.7	24.5	40.2	49
	1950	570	573	112.4	22.6	135.0	37.5	45.6	83.1	62
	1951	514	665	57.5	29.7	87.2	34.7	37.9	72.6	83
	1952	465	536	68.2	25.0	93.2	12.6	30.1	42.7	46
Tylstrup...	1949	665	651	124.8	30.0	154.8	24.8	57.0	81.8	53
	1950	691	961	123.8	33.5	157.3	30.7	69.7	100.4	64
	1951	418	586	74.3	9.0	83.3	22.6	41.4	64.0	77
	1952	681	627	90.9	32.2	123.1	29.6	66.6	96.2	78

Sortsforsøg med lave marværter 1950-52.

Forsøgene, der er udført ved Virum, Blangstedgaard, Spangsbjerg og Hornum, er en videreførsel af sortsforsøgene med lave marv- og sukkerærter 1943—45.

De mest værdifulde sorter er anerkendte under betegnelsen S 1953.

Som grundlag for vurderingen af sorternes dyrkningsværdi er benyttet udbyttet af grønne frø fra ialt 22 forsøg; men da udbyttet er afhængigt af tidligheden, er der ved anerkendelsen tillige taget hensyn til plukketidspunktet. Om de prøvede sorter kan iøvrigt anføres følgende:

Safir Toftø S 1953 er middeltidlig og må anses for særdeles værdifuld, udbyttet er meget stort. Da den kun har deltaget i forsøgene i 1951—52 er de tilsvarende udbyttetal for Balder W:s S 1953 benyttet til sammenligning.

Balder W:s S 1953 er sildig, bælgene er ret korte, udbyttet er meget stort.

Imperial Toftø S 1953 er middeltidlig til halvsildig, kvaliteten er god, udbyttet er stort.

Continental Ny Munkegaard S 1953 er middeltidlig, udbyttet er stort, frøkvaliteten middel.

Beta S 1953 er middeltidlig, kvaliteten er god, udbyttet er stort.

Wiwo Hunderup S 1953 er tidlig og giver middelstort udbytte, kvalitet som Witham Wonder.

1541 er sildig, småbælget og småfrøet med høj frøprocent, men frøene er af dårlig kvalitet.

Skandia har en meget høj frøprocent; men bælgudbytte og kvalitet kan ikke måle sig med Beta S 1953.

Rex har i modsætning til Skandia givet et relativt lille frøudbytte. Udbyttet af bælge ligger derimod meget højt, kvaliteten er god, og sorten er ikke uden interesse.

Delikatesse, lysfrøet, og Rika har givet frø af mindre god kvalitet. Frøene er markerede på bælgene, som er lyse og ligeledes af dårlig kvalitet.

Lincoln og Delikatesse, mørkfrøet, har givet ret store bælgudbytter. Frøprocenten er lav, men kvaliteten er god.

Witham Wonder er en kvalitetsært, der giver middelstort udbytte.

Kelwo er den tidligste marvært, kvaliteten er middel og udbyttet lille.

Yderligere oplysninger fås gennem 474. beretning.

Oversigtstabel over sortsforsøg med lave marværter.

	Tid lighedstal1)	Grønne frø		Grønne bælge		Frøprocent	Antal frø i 100 bælge	Plukketidens varighed dage	Høstfordeling pct. af kg grønne bælge i perioder				Sortering i 3 størrelser		
		beregnet hkg/ha	forholdstal	hkg/ha	forholdstal				1.	2.	3.	4.	I <7½ mm	II 7½–9 mm	III >9 mm
3 års forsøg:															
Balder W:s S 1953	110	79	124	170	108	46.4	519	12	—	—	29	71	9	43	48
Imperial Toftø S 1953	102	73	115	178	113	41.2	593	17	—	23	48	29	9	46	45
Continental Ny Munkegaard S 1953	100	71	112	170	108	41.8	664	14	—	42	48	10	19	53	28
Beta S 1953	99	68	107	171	108	40.0	673	18	5	47	37	11	21	51	28
1541	110	68	107	150	95	45.6	556	12	—	—	32	68	32	62	6
Skandia	98	67	105	149	94	45.3	625	17	10	60	22	8	13	48	39
Delikatesse, lysfrøet	105	64	101	156	99	41.0	546	14	—	7	57	36	15	53	32
Lincoln	103	63	99	171	108	36.9	611	13	—	32	47	21	13	47	40
Rex	100	62	98	178	113	34.9	543	15	1	42	38	19	12	41	47
Delikatesse, mørkfrøet	101	61	96	169	107	36.0	646	16	—	37	46	17	13	49	38
Wiwo Hunderup S 1953	96	61	96	155	98	39.6	584	17	11	55	31	3	17	45	38
Rika	98	60	94	158	100	38.0	572	17	7	49	34	10	18	50	32
Witham Wonder	100	58	91	148	94	39.0	556	15	4	44	46	6	17	43	40
Kelwo, Chr. O.	93	49	77	137	87	35.6	492	17	27	46	22	5	13	47	40
Kelwo, L. D.	92	47	74	138	87	34.4	500	16	38	44	17	1	13	40	41
Kelwo, O. E.	93	45	71	131	83	34.7	485	16	25	54	20	1	14	49	37
2 års forsøg:															
Safir Toftø S 1953	100	81	125	189	118	42.6	618	20	2	40	35	23	15	58	27
Måleprøve, Balder W:s S 1953		80	124	173	108	46.4									

---

1) Antal dage frå såning til midten af plukketiden.

Sorts- og stammeforsøg med pickles- og sylteagurker. 1951—1953.

Forsøgene har haft til formål at udpege de mest værdifulde sorter og stammer af drueagurker til dyrkning som picklesagurker (indtil 6 cm lange) eller som sylteagurker (7—12 cm lange).

Forsøgene er udført ved Virum og Blangstedgaard, der har middelsvær og svær lermuldet jord, samt ved Spangsbjerg og Hornum med henholdsvis god sandmuldet og let sandmuldet jord.

Der har i forsøget med picklesagurker deltaget 17 stammer, heraf 6 Muromsk drue (5 anerkendt), 3 Spångberg drue (2 anerkendt), 6 Rhinsk drue, 1 Vesterås drue og 1 Sorgenfri drue.

I sylteagurkforsøget har deltaget 16 stammer, heraf 11 Rhinsk drue (4 anerkendt), 2 Sorgenfri drue (2 anerkendt), 1 krydsning (Ideal × Rhinsk drue), 1 Delikatesse og 1 Ideal.

På grund af dårlige vækstbetingelser er 3 forsøg udgået i 1952 og 1 forsøg er kasseret i 1953. Resultaterne i omstående bilag er således baseret på 8 forsøg.

Frøet er sået i tiden fra 22.—30. maj. På Virum har man i 1953 sået i potter under glas og plantet ud. Ellers er der foretaget en planteregulering efter første bladskifte, og plantebestanden har været pæn ensartet i alle forsøg. Forsøgene har på alle forsøgssteder været udlagt med 5 fællesparceller, og høstningen er foretaget ca. hver 4. dag, eftersom agurkerne har udviklet sig til.

Som grundlag for vurderingen af sorternes og stammernes dyrkningsværdi er benyttet det høstede antal brugelige frugter, og stammerne er opført i rækkefølge herefter. Endvidere er taget hensyn til følgende egenskaber: form, glathed, farve, ensartethed og handelsværdi, udtrykt i karakterer og samarbejdet i et antal værdipoint. Beregningsformlen fremgår af bilaget.

Gennemgående følger udbyttetallene og værdipointene hinanden for de anerkendte stammer, der er mærket S 1953.

De anerkendte stammer er:

Picklesagurker.

Løbenr. 13. Muromsk drue, Hunderup S 1953. Ejer: A/S L. Dæhnfeldt, Odense. Væksten middelkraftig. Frugten meget ensartet, ret kort, valseformet og mange tilspidsede, helt glat eller svagt ru, meget høj glathedsprocent. Farven lysegrøn til hvidgrøn, enkelte lidt stribet.

Meget yderig og værdifuld stamme med højt pointtal for glathed, ensartethed og handelsværdi.

Løbenr. 9. Muromsk drue, Ny Munkegaard S 1953. Ejer: J. E. Ohlsens Enke, København. Væksten middelkraftig. Frugten ret ensartet, kort, mange valseformede eller lidt tilspidsede, nærmest med ru til glat overflade. Farven hvidgrøn til lysegrøn.

Meget yderig stamme med god form, glathed og handelsværdi.

Løbenr. 12. Muromsk drue, Asco S 1953. Ejer: A/S Chr. Olsen, Odense. Væksten middelkraftig. Frugten ensartet, ret kort, mest valseformet eller lidt tilspidset, nærmest med ru til glat overflade. Farven lysegrøn til hvidgrøn, enkelte svagt stribet.

Yderig stamme med et højt pointtal for form, glathed og handelsværdi.

Løbenr. 11. Muromsk drue, Tagenshus S 1953. Ejer: A. Hansen, Kastrup. Stammen er tidligere anerkendt med P 1941. Væksten middelkraftig. Frugten ensartet, kort valseformet eller lidt tilspidset, nærmest med ru til glat overflade. Farven lysegrøn til hvidgrøn, enkelte svagt stribet.

Yderig stamme med god form, glathed og handelsværdi.

Løbenr. 10. Muromsk drue, Vesterbo S 1953. Ejer: Carl Nielsens Frøhandel, Aarhus. Stammen er tidligere anerkendt med P 1941. Væksten middelkraftig. Frugten ensartet, ret kort valseformet eller tilspidset med nærmest ru til glat overflade. Farven lysegrøn til hvidgrøn, enkelte svagt stribet.

Yderig stamme med et højt pointtal for glathed og en god handelsværdi.

Løbenr. 16. Spångberg drue, Tagenshus S 1953. Ejer: A. Hansen, Kastrup. Stammen er tidligere anerkendt med P 1941. Væksten middelkraftig. Frugten ret kort, mange valseformede, i tværsnit oftest rund. Overfladen nærmest ru til glat. Farven lysegrøn til hvidgrøn, enkelte svagt stribet.

Yderig stamme med højt pointtal for form, glathed og handelsværdi.

Løbenr. 17. Spångberg drue, Hunderup S 1953. Ejer: A/S L. Dæhnfeldt, Odense. Væksten middelkraftig. Frugten ret kort, mange valseformede, i tværsnit oftest rund. Overfladen nærmest ru til glat. Farven lysegrøn til hvidgrøn, enkelte svagt stribet.

Ret yderig stamme med god form, glathed og handelsværdi.

Sylteagurker.

Løbenr. 18. Rhinsk drue, Ny Munkegaard S 1953. Ejer: J. E. Ohlsens Enke, København. Stammen er tidligere anerkendt som Cavallius, Vangede P 1941. Væksten kraftig. Frugten meget ens-

artet, lang, mest valseformet, nogle tilspidsede, halsede eller riflede. Overfladen ru til pigget. Farven grøn til lysegrøn, enkelte lidt stribet.
God stamme med stor ydeevne, høj handelsværdi og meget ensartet.

Løbenr. 7. Rhinsk drue, Toftø S 1953. Ejer: Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger og Danske Landboforeningers Frøforsyning. Stammen er tidligere anerkendt med P 1941. Væksten kraftig. Frugten ret ensartet, lang, med mange valseformede og få tilspidsede, halsede eller riflede. Særdeles god form. Overfladen ru til glat. Farven grøn til lysegrøn, lidt stribet.
Yderig stamme med høje pointtal for form, glathed og handelsværdi.

Løbenr. 26. Rhinsk drue, W:s S 1953. Ejer: W. Weibull A/B., Landskrona, Sverige. Væksten middelkraftig. Frugten meget ensartet, lang, nærmest valseformet med ret få tilspidsede, halsede eller riflede. Overfladen ru. Farven lysegrøn til grøn, lidt stribet.
Yderig, ensartet stamme med god form, glathed og handelsværdi.

Løbenr. 6. Rhinsk drue, Hunderup S 1953. Ejer: A/S L. Dæhnfeldt, Odense. Stammen er tidligere anerkendt med P 1941. Væksten kraftig. Frugten ret ensartet, lang valseformet med en del tilspidsede, halsede og riflede. Overfladen nærmest ru med nogle piggede. Farven grøn til lysegrøn, lidt stribet.
God stamme med jævnt stort udbytte og god handelsværdi.

Løbenr. 22. Sorgenfri drue, Toftø S 1953. Ejer: Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger og Danske Landboforeningers Frøforsyning. Stammen er tidligere anerkendt med P 1941. Væksten middelkraftig. Frugten ensartet, særdeles velformet med mange valseformede. Overfladen ru til pigget. Farven grøn til matgrøn.
Yderig, ensartet stamme med god form, farve og handelsværdi.

Løbenr. 24. Sorgenfri drue nr. 365, Toftø S 1953. Ejer: Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger og Danske Landboforeningers Frøforsyning. Væksten middelkraftig. Frugten ensartet, med mange valseformede. Overfladen ru til pigget. Farven matgrøn til mørkegrøn. Lidt sildig.
Yderig, ensartet stamme med god form og smuk farve.

De stammer, der ikke har opnået anerkendelse, har alle ligget under gennemsnittet, enten med hensyn til udbytte eller kvalitet.

Bilag til 506. meddelelse.

Sorts- og stammeforsøg med pickles- og sylteagurker. 1951—1953.

Gennemsnit af 8 forsøg.

Lbnr.	Sorts- og stammenavn	Brugelige frugter pr. a antal	Brugelige frugter pr. a kg	Værdipoint *)	Forholdstal antal	Forholdstal værdipoint
	Picklesagurker.					
13.	Muromsk drue, Hunderup S 1953	4408	—	393	134	115
9.	Muromsk drue, Ny Munkegaard S 1953	4080	—	345	124	101
12.	Muromsk drue, Asco S 1953	3845	—	370	117	109
11.	Muromsk drue, Tagenshus S 1953	3765	—	350	114	103
10.	Muromsk drue, Vesterbo S 1953	3623	—	350	110	103
14.	Muromsk drue	3404	—	331	103	97
16.	Spångberg drue, Tagenshus S 1953	3550	—	365	108	107
17.	Spångberg drue, Hunderup S 1953	3357	—	355	102	104
15.	Spångberg drue	3130	—	326	95	96
7.	Rhinsk drue	3206	—	329	97	96
26.	Rhinsk drue	2863	—	323	87	95
20.	Rhinsk drue	2828	—	336	86	99
6.	Rhinsk drue	2769	—	331	84	97
5.	Rhinsk drue	2588	—	322	78	94
8.	Rhinsk drue	2382	—	336	72	99
25.	Vesterås drue	3246	—	311	98	91
22.	Sorgenfri drue	3023	—	329	92	96
	Gns.	3298		341	100	100
	Sylteagurker.					
18.	Rhinsk drue, Ny Munkegaard S 1953	2237	128.7	375	114	110
7.	Rhinsk drue, Toftø S 1953	2134	125.1	373	109	109
26.	Rhinsk drue, W:s S 1953	2086	120.6	366	106	107
6.	Rhinsk drue, Hunderup S 1953	2019	116.7	337	103	99
20.	Rhinsk drue	2063	120.8	330	105	96
4.	Rhinsk drue	1969	119.6	325	101	95
2.	Rhinsk drue	1963	121.1	334	100	98
1.	Rhinsk drue	1891	107.0	343	97	100
5.	Rhinsk drue	1863	110.3	328	95	96
8.	Rhinsk drue	1730	101.3	309	88	90
3.	Rhinsk drue	1714	106.4	314	87	92
22.	Sorgenfri drue, Toftø S 1953	2101	123.5	360	107	105
24.	Sorgenfri drue nr. 365, Toftø S 1953	2092	123.2	348	107	102
23.	Krydsning, Ideal × Rhinsk drue	1858	106.2	350	95	102
19.	Delikatesse	1855	115.0	348	95	102
21.	Ideal	1765	109.6	338	90	99
	Gns.	1959		342	100	100

*) Valseformede i pct. + glathed (pct. glatte × 6 + ru × 4): 5 + farvekarakter × 10 + ensartethedskarakter × 10 + handelsværdikarakter × 10 = samlet værdipoint.

SAGREGISTER

Tallene, som følger efter tekst og årstal, angiver sidetal. Hvor det samme emne omtales i flere sideordnede, sammenhørende afsnit, er der kun henvist til det første af disse.

Aabeizo 1954 340.
Aabeta 1954 340.
Aafertis 1954 350.
Aagrano 1954 340.
Aamerko (kviksølvholdigt) 1954 346.
Aaphytora 1954 351.
Aapirol-80 1954 351.
Aarslev 2984, oliehørsorter 1949—1952 367, 678.
Aasulfa Supra 1954 349.
Aasulfa Supra 90 1954 349.
Aatox 1954 323.
Aaventa 1954 347.
Aazira 1954 352.
Abavit-Neu 1954 341.
Abed Paluhavre, havresorter 1949—1952 355.
Abolin 1954 327.
Adefa II, hundegræsstammer 1949—1952 715.
Afprøvning af plantebeskyttelsesmidler 1953 539.
Agurker i væksthus udplantet med forskellig planteafstand, forsøg med forskellige typer af 713.
Akidan 49 1954 327.
AKI kvassia-ekstrakt 1954 331.
AKI sprøjteolie 1954 329.
Ammate Weedkiller 1954 324.
Ammoniakkvælstof fra gødningsprøver, tabet af 108.
Amulet, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Antol 1954 327.
Anvendelse og bortskaffelse af ensilagesaft 68.
Aramite 15 w. p. 1954 339.
Arbosan 1954 347.
Aretan 1954 348.
Asieagurker 1946—1950, stammeforsøg med 498.
Asparges, forskellig jordreaktion til 691.
Årsoversigt Plantesygdomme i Danmark 1951 1.

B. A. C. Inexit 8 1954 332.
B. A. C. Inexit 14 1954 332.
B. A. C. kobberoxyklorid 1954 344.
B. A. C. Parathion 35 1954 335.
B. A. C. Special 1954 337.
Balder W:s S 1953, lave marværtesorter 1950—52 721.
Basudin sprøjtepulver 1954 339.
Bayer tørt sprøjtesvovl 1954 349.
Bayer zinkkarbamat 1954 352.
BB Detana 1954 330.
BB Morfex 1954 349.
BB Olana 1954 334.
BB Sulfana 39 1954 335.
Bederoer og majs, forsøg med sammenligning af 718.
Beretninger fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur:
— 475. Om bortskaffelse og anvendelse af ensilagesaft 68.
— 476. Forsøg med såmængder af rug 1946—1952 271.

— 477. Forsøg med sorter af lave, grønne bønner 1949—51 281.
— 478. Kontrolforsøg med fosforsyre og kali 1935—1950 369.
— 479. Forsøg med sorter af spindhør 458.
— 480. Dyrkningsforsøg med stammer af asieagurker 1946—1950 498.
— 481. Forsøg med stald- og kunstgødning, halmkompost og halm på marskjord 1948—1952 518.
— 482. Forsøg med oliehørsorter 1949—1952 678.
— 483. Forsøg med forskellig jordreaktion til asparges og rabarber 691.
Beretning fra Statsfrøkontrollen 1952—53 185.
Beta S 1953, lave marværtesorter 1950—52 721.
Betoxin F 1954 340.
Betoxin 61 1954 341.
Bladan E 1954 335.
Bladan pudder 1954 335.
Bladan 45 1954 335.
Bladlus, sprøjtning mod 353.
Bladrandbiller (Sitona-arter) i bælgplanteafgrøder 706.
Blitox 1954 344.
Bordosan 1954 346.
Borris Opushavre II, havresorter 1949—1952 355.
Bortskaffelse og anvendelse af ensilagesaft 68.
Bouisol 1954 345, 346.
Butchers, agurk, frøplanter udplantet fra væksthus 713.
— stiklinger udplantet fra væksthus 713.
Bælgplanteafgrøder, bladrandbiller (Sitona-arter) på 706.
Bønner 1949—51, sortsforsøg med lave, grønne 281.

Canadian Wonder, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Carlos Favorit, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Cascade, spindhørsorter 1949—1952 365.
— 1950—52 486.
Ceranit T 1954 341.
— V 1954 343.
Ceratex-K 1954 333, 341.
Ceresan D. 17203 1954 341.
— T. 1954 341.
Certosan T. 1954 341.
— V. 1954 343.
Cheminova parathion E 1954 335.
Chlorocide sprøjtepulver 1954 339.
Concurrent, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
Continental Ny Munkegaard S 1953, lave marværtesorter 1950—52 721.
Coppesan 1954 345.
Coprantol P 1954 345.
Cosan 1954 349.
Cyan-aki 1954 329.
Cyandie 1954 329.

Dana bordeauxpudder 25% 1954 344.
— -derrispudder 10% 1954 331.
— Dust 1954 349.
— nikotinpudder 4% 1954 334.
Danatex (thrirammiddel) 1954 341.
Dansk Asie, Hunderup II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 511.
— Koldinghus II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 513.
— Nordre Munkegaard II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 513.
— Tagenshus II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 511.
— Toftø II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 511.
Daros I, spindhørsorter 1943—1944 486.
— II, spindhørsorter 1943—1944 486.
De De Tane 5% pudder 1954 330.
Delikatesse, lysfrøet, lave marværtesorter 1950—52 721.
— mørkfrøet, lave marværtesorter 1950—52 721.
— sylteagurkestammer 1951—1953 726.
Dicotox 25 1954 321.
Dinitrobutyl-præparater 1954 323.

Dinitroortokresol-præparater 1954 323.
Diotol 1954 328.
Disol D 80 (P. P. D.-sprøjtemiddel)1954 323.
— M 25 (P. P. M.-sprøjtemiddel) 1954 321.
Dithane Z-78 1954 351.
Drograno 1954 342.
Dytrol 1954 328.
— E 1954 328.
Dæhnfeldt Elite 6, oliehørsorter 1949—1952 367, 678.
Dæno II, engsvingelstammer 1949—1952 716.
— hundegræsstammer 1949—1952 715.

Eckendorfer, spindhørsorter 1943—1944 486.
E. F. II, hundegræsstammer 1949—1952 715.
Egodan 35% parathion 1954 336.
Egosol-pudder 1954 330.
— -sprøjtemiddel 1954 330.
Ekatox 20 1954 336.
Engsvingel 1949—1952, stammeforsøg med 716.
Ensilagesaft, bortskaffelse og anvendelse af 68.
EPN 300 1954 337.
Esso forårskarbolineum A 1954 327.
— sommerolie EA 7 1954 334.
— vinterkarbolineum A 1954 326.
— vinterolie E. A. 5 1954 329.
— Weed Killer 35 1954 324.
— 406 Fungicide 1954 344,
E. V. A. kobbersodapulver 1954 345.
Evan B 1954 342.
Extar A 1954 323.

F. D. B. forårskarbolineum 1954 327.
— insektpudder D 1954 330.
— lindan 1954 332.
— parathion sprøjtemiddel 35% 1954 336.
— schradan 1954 334.
Feinschmecker, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Fermasol 1954 350.
Fermate sprøjtemiddel 1954 351.
Fernide (80% TMTD) 1954 351.
Ferskenblæresyge, bekæmpelse af 359.
Final Special sprøjtesvovl 1954 349.
Fiskeby, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Flydende Tillantin 1954 340.
Formosa, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
Forsøg:
— Dyrkningsforsøg med stammer af asieagurker 1946—1950 498.
— Kontrolforsøg med fosforsyre og kali 1935—1950 369.
— med bekæmpelse af ferskenblæresyge ved sprøjtning med svovlkalk 359.
— med bekæmpelse af pæregalmiden ved hjælp af metylbromid 360.
— med forskellige typer af agurker i væksthus udplantet med forskellig planteafstand 1950—1952 713.
— med forskellig jordreaktion til asparges og rabarber 691.
— med forskellig planteafstand til tomatplanter i væksthus 1950—52 362.
— med havresorter 1949—1952 355.
— med oliehørsorter 1949—1952 678.
— med sammenligning af bederoer og majs 718.
— med sorter af lave, grønne bønner 1949—51 281.
— med sorter af oliehør 1949—1952 366.
— med sorter af spindhør 458.
— med sorter af spindhør 1949—1952 365.
— med stald- og kunstgødning, halmkompost og halm på marskjord, 1948—1952 518.
— med såmængder af rug 1946—1952 271.
— Sortsforsøg med lave marværter 1950—52 721.

— Sorts- og stammeforsøg med pickles- og sylteagurker. 1951—1953 723.
— Stammeforsøg med hundegræs og engsvingel 1949—1952 715.
Forårs-Capsomort 1954 327.
Fosferno 20 1954 336.
Fosforkilde for planterne, jorden som 553.
Fosforsyre i forskellige jordtyper, udvaskning af 99.
— og kali 1935—1950, kontrolforsøg med 369.
Frøkontrolkommissionen 187.
Fuclasin-Ultra 90% 1954 352.

Gammalin C1 1954 332.
Gardogran 2 1954 342.
Gennemsnitstal, Statsfrøkontrollens 193.
Gesarol-pudder 1954 330.
— -sprøjtemiddel 1954 331.
Granda, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Grand, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.

Halmkompost på marskjord, forsøg med 518.
Halm på marskjord, forsøg med 518.
Hareskovgaard, spindhørsorter 1949—52 486.
— 5, spindhørsorter 1945—1948 486.
— 16, spindhørsorter 1940—1944 486.
— 75, spindhørsorter 1949—1952 365.
Havresorter 1949—1952, forsøg med 355.
Herbanit 25 1954 323.
Herbasol 1954 323.
Herbatox-D 40 1954 322.
— 50 1954 322.
— -DT 24 1954 324.
— -M 25 1954 321.
Hinderupgaard II, engsvingelstammer 1949—1952 716.
— hundegræsstammer 1949—1952 715.
Hinrichs Kæmpe, brogetfrøet, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Hinrichs Kæmpe, hvidfrøet, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Hohenheim, spindhørsorter 1941—1944 486.
Hollandia, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
Hollandsk Prinsesse, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Hormonpræparater af D-typen 1954 322.
— af M-typen 1954 321.
Hortex 1954 333.
Hundegræs 1949—1952, stammeforsøg med 715.
Hundrede for een, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.

Iagttagelser over optræden af bladrandbiller (Sitonaarter) i bælgplanteafgrøder 706.
Ideal Hunderup II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 514.
— Nordre Munkegaard II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 514.
— Nova, Toftø II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 514.
— sylteagurkestammer 1951—1953 726.
Idosect-pudder 1954 330.
— Special 1954 338.
Imperial Toftø S 1953, lave marværtesorter 1950—52 721.
I. W. S., spindhørsorter 1933—1934 486.

Jordens kalkbehov, bestemmelse af 302.
Jorden som fosforkilde for planterne 553.
Jordreaktion til asparges og rabarber, forskellig 691.

Kali og fosforsyre 1935—1950, kontrolforsøg med 369.
Kalium i forskellige jordtyper, udvaskning af 99.
Kalkbehov, bestemmelse af jordens 302.
Kaput-D 1954 331.
Karbasan 1954 352.
Kartersol 1954 352.

Kartoffelålens forekomst i Danmark 701.
Kartoflers vægt i vand 121.
Kartovit 1954 345.
Kelwo, lave marværtesorter 1950—1952 721.
Kemikaliekontrollen 1952—53 165.
Kifocid 1954 330.
K. J. C.-olie 1954 329.
Klein nr. 18, oliehørsorter 1949—1952 367, 678.
Kobea (blyarsenatholdigt) 1954 347.
Kontrolforsøg med fosforsyre og kali 1935—1950 369.
Kresone 25 1954 321.
Krydsning, Ideal x Rhinsk drue, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
Kunstgødning på marskjord, forsøg med 518.
Kupfer-Sandoz 1954 345.
Kuprisan 1954 346.
Kuprotox 1954 345.
Kvasol 1954 331.
Kviksølvfri Tillantin 1954 342.
K. V. K. lindan sprøjtepulver 1954 332.

Landreth, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Langelands B. L., oliehørsorter 1949—1952 367.
— oliehørsorter 1951—1952 678.
— Kæmpe A., Nordre Munkegaard II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 513.
— Hunderup II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 513.
— Nordre Munkegaard II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 513.
— Strandgaard II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 514.
— Tagenshus II, stammeforsøg med asieagurker 1946—1950 514.
Lincoln, lave marværtesorter 1950—52 721.
Lindasect sprøjtemiddel 1954 333.
Lindasect 14 1954 332.
Liral Crown, spindhørsorter 1933—1939 486.
— Dominion, spindhørsorter 1933—35 486.
— Prince, spindhørsorter 1945—1948 486.
— Sussex, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
Lironit 1954 339.
Lunasan 1.04% Hg 1954 342.
Lusatia, spindhørsorter 1943—1944 486.
Lyngby nr. 7, spindhørsorter 1945—1948 486.
— nr. 15, spindhørsorter 1940—1944 486.
— nr. 21, spindhørsorter 1933—1935 486.

Majs og bederoer, forsøg med sammenligning af 718.
Marværter 1950—52, sortsforsøg med lave 721.
Masterpiece, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Mathis Edelflachs, spindhørsorter 1933—1934 486.
Meddelelser fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur:
— 495. Sprøjtning mod bladlus og spindemider 353.
— 496. Forsøg med havresorter 1949—1952 355.
— 497. Forsøg med bekæmpelse af ferskenblæresyge ved sprøjtning med svovlkalk 359.
— 498. Forsøg med bekæmpelse af pæregalmiden ved hjælp af metylbromid 360.
— 499. Forsøg med forskellig planteafstand til tomatplanter i væksthus 1950—52 362.
— 500. Forsøg med sorter af spindhør 1949—1952 365.
— 501. Forsøg med sorter af oliehør 1949—1952 366.

Meddelelser fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur:
— 502. Forsøg med forskellige typer af agurker i væksthus udplantet med forskellig planteafstand. 1950—1952 713.
— 503. Stammeforsøg med hundegræs og engsvingel 1949—1952 715.
— 504. Foreløbig meddelelse om forsøg med sammenligning af bederoer og majs 718.
— 505. Sortsforsøg med lave marværter 1950—52 721.
— 506. Sorts- og stammeforsøg med pickles- og sylteagurker 1951—1953 723.
Mentin 1954 327.
Mercusan 1954 347.
Mergamma A 1954 333.
— A (lindanmiddel) 1954 342.
— C 1954 342.
Mersol 1954 347.
Midol-A (666-pyrethrum-emulsion) 1954 338.
— Special 1954 347.
— -Tio 1954 338.
— Tio Merkuri 1954 338, 348.
Muromsk drue, Asco S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— Hunderup S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— Ny Munkegaard S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— Tagenshus S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— Vesterbo S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
Murphos parathion 35% 1954 336.
Muus' parathion 1954 336.

Nikropren 80% 1954 334.
Nirit 15% 1954 348.
— 45% 1954 348.
Novorol 1954 330.
Nye angreb 1951 47.
Nye midler afprøvet 1951 51.

Ob 21 1954 345, 346.
Oliehørsorter 1949—1952, forsøg med 366, 678.
Om bestemmelse af jordens kalkbehov 302.
Orthocid 50 (SR 406) 1954 344.
Ortol 1954 328.
Ovamort 1954 328.
Oversigt:
— Dyrkningsforsøg med stammer af asieagurker 1946—1950 510.
— Forsøg med forskellig jordreaktion til asparges og rabarber 699.
— Forsøg med sorter af lave, grønne bønner 1949—51 299.
— Forsøg med sorter af spindhør 485.
— Forsøg med stald- og kunstgødning, halmkompost og halm på marskjord. 1948—1952 532.
— Forsøg med såmængder af rug 1946—1952 278.
— Jorden som fosforkilde for planterne 647.
— Kartoflers vægt i vand 160.
— Kontrolforsøg med fosforsyre og kali 1935—1950 447.
— Om bortskaffelse og anvendelse af ensilagesaft 95.
— Undersøgelser over tabet af ammoniakkvælstof fra gødningsprøver udtaget i kostalden 118.

Pajbjerg II, engsvingelstammer 1949—52 716.
— hundegræsstammer 1949—1952 715.
Pajbjerg Milka II, hundegræsstammer 1949—1952 715.
Pajbjerg Regenthavre, havresorter 1951—1952 355.
— Rexhavre A, havresorter 1949—1952 355.
Panogen 1954 340.
Para-Gam 1954 338.

Para-Gam med kviksølv 1954 338.
Parathion Evan 35 1954 336.
— J. S. 35 1954 336.
Paratox 1954 337.
Pecebes 1954 339.
Pecotot 1954 333.
Percello, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
Perenox 1954 346.
Perle Sukker, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Pestox III 1954 334.
Petroleumspræparater 1954 324.
Picklesagurker, sorts- og stammeforsøg med 1951—1953 723.
Pirox 1954 331.
Plantebeskyttelsesmidler 1953, afprøvning af 539.
Plantesygdomme i Danmark 1951 1.
Plant Protection kviksølvmiddel 1954 348.
Pomarsol 1954 351.
Priekulu linija 665, spindhørsorter 1939—1948 486.
— uzlab, spindhørsorter 1941—1944 486.
Prinzess holl. doppelte, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Pæregalmiden, bekæmpelse af 360.

Rabarber, forskellig jordreaktion til 691.
Reads cordon cucumber, agurk udplantet fra væksthus 713.
Rekord, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Rembrandt, spindhørsorter 1946—1948 486.
Rex, lave marværtesorter 1950—52 721.
Rhinsk drue, Hunderup S 1953, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
— Ny Munkegaard S 1953, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
— picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— sylteagurkestammer 1951—1953 726.
Rhinsk drue, Toftø S 1953, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
— W:s S 1953, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
Rhodiatox masse 3% 1954 337.
Ribbefri am. konservesbønne, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Rika, lave marværtesorter 1950—52 721.
Roskilde II, hundegræsstammer 1949—1952 715.
Rota II, spindhørsorter 1941—1944 486.
Rug 1946—1952, såmængder af 271.

Safir, Toftø S 1953, lave marværtesorter 1950—52 721.
Sammenligning mellem ærters spiring i marken og i laboratoriet 251.
Sanagran TN 1954 343.
— VN 1954 343.
San D-50 1954 322.
— KM-25 1954 321.
Sandolin A 1954 329.
Satán 1954 333.
Saxa, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Sectos 35 1954 337.
Selidol 1954 328.
Selvvirkende kontrol, Statsfrøkontrollens 199.
Sevtox 1954 324.
Shell forårskarbolineum 1954 328.
— Weedkiller D. N. C. 1954 324.
— Weedkiller W 1954 324.
Sildig Roskilde II, hundegræsstammer 1949—1952 715.
Sildig Øtofte II, engsvingelstammer 1949—1952 716.
Skadedyr diverse 45.
— på bederoer 35.
— på bælgplanter 34.
— på frugttræer og frugtbuske 41.
— på havebrugsplanter 41.
— på industriplanter 41.
— på kartofler 39.
— på korn og græsser 32.

Skadedyr på køkkenurter 43.
— på kålroer, kål o. a. korsblomstrede 37.
— på landbrugsplanter 32.
— på prydplanter 45.
— på skærmplanter 40.
Skadedyrsangreb 1951 50.
Skandia, lave marværtesorter 1950—52 721.
Sorts- og stammeægthed 213.
Sorgenfri drue nr. 365, Toftø S 1953, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
— picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— Toftø S 1953, sylteagurkestammer 1951—1953 726.
Specialpræparater anerkendte af Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur til bekæmpelse af plantesygdomme og skadedyr. Gyldig for året 1954 325.
— til bekæmpelse af ukrudt, anerkendte af Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Gyldig for året 1954 321.
Spindemider, sprøjtning mod 353.
Spindhørsorter, forsøg med 458.
— 1949—1952, forsøg med 365.
Spångberg drue, Hunderup S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— picklesagurkestammer 1951—1953 726.
— Tagenshus S 1953, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
Staldgødning på marskjord, forsøg med 518.
Stamsæd kontrolleret af Statsfrøkontrollen 241.
Statens plantepatologiske Forsøg, årsoversigt 1951 1.
Statsfrøkontrollen, beretning 1952—53 185.
Stormont Cirrus, spindhørsorter 1939—1948 486.
— Gossamer, spindhørsorter 1939—48 486.
Største Sværd, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Sulfaki pulver 1954 350.
— 52 1954 350.
Sulsol 1954 350.
— -Magnetic 1954 350.
Svaløf Blendahavre, havresorter 1949—1952 355.
— Blenda, spindhørsorter 1941—1944 486.
— Gerda, spindhørsorter 1949—1950 486.
— Herkules, spindhørsorter 1941—1944 486.
— Kristina, spindhørsorter 1949—1952 365.
— — spindhørsorter 1951—1952 486.
— Margareta, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
— nr. 01430 b, havresorter 1951—1952 355.
— Stålhavre A, havresorter 1949—1952 355.
— Valuta, oliehørsorter 1949—1952 367, 678.
— Ørnhavre E, havresorter 1949—1952 355.
— 01052, oliehørsorter 1949—1952 367, 678.
Svampeangreb 1951 49.
Sværd ekstra bred, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
— Kejser Wilhelm, sortsforsøg med lave, grønne bønner 1949—51 292.
Sygdomme på bederoer 16.
— på bælgplanter 15.
— hos frugttræer 22.
— på frugtbuske 28.
— på gulerod 21.
— på havebrugsplanter 22.
— på hegnsplanter 31.
— på kartofler 19.
— på korn og græsser 10.
— på køkkenurter 29.
— på kålroer, kål o. a. korsblomstrede 18.

Sygdomme på landbrugsplanter 1951 10.
— på læplanter 31.
— på prydplanter 31.
Sylteagurker, sorts- og stammeforsøg med 1951—1953 723.
Systox 1954 337.
Sytam 1954 334.
Sædekornskontrol, Statsfrøkontrollens 231.
Såmængder af rug 1946—1952 271.

Tabet af ammoniakkvælstof fra gødningsprøver 108.
Tetrasan 1954 351.
Thiovit 1954 350.
Thirasan (thirammiddel) 1954 343.
Tidlig Øtofte II, engsvingelstammer 1949—1952 716.
Tillantin vådbejdse 1954 343.
— 1875 tørbejdse 1954 343.
Tillex 1954 340.
Tio-Tox 1954 337.
Tomatplanter i væksthus, planteafstand til 362.
Tommerup, spindhørsorter 1933—1935 486.
Top-Netzsvovl »Schering« med 95 % svovl 1954 350.
Tresex Gamma 20% 1954 333.
Trifolium A II, hundegræsstammer 1949—1952 715.
— II, engsvingelstammer 1949—1952 716.
— hundegræsstammer 1949—1952 715.
— Rekord, oliehørsorter 1949—1952 367, 678.
Triumf Special 1954 326.
Täyssato 1954 343.

Udvaskning af fosforsyre og kalium i forskellige jordtyper 99.
Ukrudt, specialpræparater til bekæmpelse af, 1954 321.
Undersøgelser over tabel af ammoniakkvælstof fra gødningsprøver udtaget i kostalden 108.
Undersøgelser over udvaskningen af fosforsyre og kalium i forskellige jordtyper 99.

Vejrforholdene 1951 6.
Venturicide 1954 348.
Vesterås drue, picklesagurkestammer 1951—1953 726.
Vinter-Capsomort 1954 326.
Virussygdomme 1951 47.
Vitigran conc. 1954 346.

Weedex 25 1954 322.
Weedone, 50% 1954 322.
Wee-hormon 25 M 1954 322.
— 50 D 1954 323.
Welspra 1954 326.
Witham Wonder, lave marværtesorter 1950—52 721.
Wiwo-Hunderup S 1953, lave marværtesorter 1950—52 721.

Y F 3112 (50% PCPCBS) 1954 339.

Zerlate 1954 352.
Zinebtan 1954 352.
Zintox 1954 352.
Ziram N. A. 1954 352.

Ærters spiring i marken og i laboratoriet, sammenligning mellem 251.

Øtofte II, engsvingelstammer 1949—1952 716.
— L. 12, oliehørsorter 1949—1952 367.
— L. 12, oliehørsorter 1951—1952 678.
— L. 16, spindhørsorter 1949—1950 486.
— L. 47, spindhørsorter 1949—1952 365, 486.
— L. 59, oliehørsorter 1949—1950 678.
— 356, spindhørsorter 1949—1952 365.
— L. 356, spindhørsorter 1951—1952 486.

24 D, 50% 1954 322.
42 M 25 1954 322.
1541, lave marværtesorter 1950—52 721.

Side

Dyrkningsforsøg med stammer af asieagurker 1946—1950. Ved Edvard Christiansen (†) og Aksel Henriksen. 480. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. . 498
Forsøg med stald- og kustgødning, halmkompost og halm på marskjord, 1948—1952. Ved Viggo Nielsen. 481. beretfra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur 518
Afprøvning af plantebeskyttelsesmidler 1953. Af Lars Hammarlund 539
Jorden som fosforkilde for planterne. Af K. Dorph-Petersen 553
Forsøg med oliehørsorter 1942—1952. Ved H. Bagge. 482. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur 678
Forsøg med forskellig jordreaktion til asparges og rabarber. Ved M. Blangstrup Jørgensen og Aksel Henriksen. 483. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur 691
Kartoffelålens forekomst i Danmark. Fortsatte undersøgelser i 1952. Af K. Lindhardt 701
Iagttagelser over optræden af bladrandbiller (*Sitona*-arter) i bælgplanteafgrøder. Af O. Vagn 706
Meddelelser fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur 502.—506. meddelelse 713
Sagregister 727

NIELSEN & LYDICHE (M. SIMMELKIÆR)
KØBENHAVN